

Aku Korhonen

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus – päte- vöitymiskoulutusmateriaalin tuottaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka

Insinöörityö

3.5.2016

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Aku Korhonen Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus – pätevyitysmiskoulutusmateriaalin tuottaminen 44 sivua + 4 liitettä 3.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori Arto Yli-Pentti Kouluttaja Katja Jaatinen
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Jyväskylän aikuisopistolle. Työn aiheena oli suunnitella ja toteuttaa koulutusmateriaalia teräsrakenteiden maalauksen pätevyitysmiskoulutukseen. Jyväskylän aikuisopistolla on tarkoituksena aloittaa palonsuojamaalareiden koulutusohjelma kevään 2016 aikana.</p> <p>Teräsrakenneyhdistyksen hyväksymiä päteviä palonsuojamaalareita on suhteellisen vähän tehtäviin töihin nähden. Koulutusta on aiemmin tarjonnut Suomessa vain Amiedu, joka toimii pääsääntöisesti pääkaupunkiseudun alueella. Jyväskylän aikuisopisto anoi koulutuslupaa 17.6.2015 ja sai luvan 6.11.2015 aloittaa koulutusohjelma.</p> <p>Työ suoritettiin laatimalla koulutusmateriaalia kirjallisuudesta löytyvien lähteiden, asiantuntijahaastatteluiden sekä verkkodokumenttien pohjalta. Teoriaosuuden jälkeen laadittiin materiaalista PowerPoint-esitys, jota hyödynnetään tulevilla koulutuksilla. Työssä maalattiin koulutusohjelman maalausnäytössä käytettävästä teräsrakenteesta pieni osio. Kappaleesta mitattiin maalikalvon paksuus sekä märkänä että kuivana ja laadittiin kappaleen pinnalta pinnoitepaksuusjakauma. Tämä pinnoitepaksuusjakauma kertoo, että maalaustyöntekijän kannattaa kiinnittää erityishuomiota vaikeasti maalattaviin osioihin, kuten pintojen alapuolisiin osuuksiin. Riittävä märkäkalvonseuraaminen maalaustyön edetessä on suotavaa.</p> <p>Palonsuojamaalit ovat hyvin arvokkaita verrattuna normaaleihin metallimaaleihin. Saa- duista mittaustuloksista voitiin päätellä, että ammattitaitoisella maalarilla on erittäin suuri osuus urakan kannattavuuteen yritykselle. Oikealla työtavalla saadaan minimoitua kalliin palonsuojamaalin kulutusta, joka vähentää urakan materiaalikustannuksia.</p>	
Avainsanat	palonsuojamaalaus, teräsrakenne, tulipalo

Author(s) Title	Aku Korhonen Fire Protection Paint of Steel Structure – Production of Teaching Material
Number of Pages Date	44 pages + 4 appendices 3 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Materials Technology and Surface Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Arto Yli-Pentti, Senior Lecturer Katja Jaatinen, Educator
<p>This Bachelor's thesis was made for Jyväskylä Institute of Adult Education. The objective of the thesis was to create education material about the painting of steel structures for the qualification training program. Jyväskylä Institute of Adult Education will start a trainee program of reactive coatings for the fire protection of steel elements in the spring of 2016.</p> <p>At present the number of qualified fire protection painters approved by the Finnish Constructional Steelwork Association is quite small compared to the number of available jobs. In Finland Amiedu has been the only institution offering this education in the Helsinki Metropolitan Area. Jyväskylä Institute of Adult Education requested an education license on 17 June 2015 and the license was given on 6 November 2016.</p> <p>This thesis was carried out by creating training material for painters based on topic-related literature, interviews of experts and internet material. After the theory part a PowerPoint presentation was made which will be utilized in the upcoming training. In the work a small part of steel elements was painted and the thickness of the coating was measured both wet and dry. After that a coating thickness distribution was composed. This distribution shows that painters should pay attention to parts which are difficult to paint, e.g. subjacent parts of elements. It is also recommended to check that there is a right amount of paint.</p> <p>To sum up, fire protection coatings are very expensive compared to normal steel paintings. The measurement results showed that when the consumption of paint is minimalized, it also contributes to cost savings of the project.</p>	
Keywords	coating of the fire structure, steel structure, fire

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Yritys	1
1.3	Työn tavoitteet ja rajaus	1
2	Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus	2
2.1	Tulipalo	2
2.2	Teräsrakenne tulipalossa	5
2.3	Rakenteiden palomitoitus	6
2.4	Teräsosan poikkileikkaustekijä	7
2.5	Palonsuojamaalaus	8
2.6	Palonsuojamaalien toimintamekanismit	10
2.7	Muut palosuojausmenetelmät	12
3	Viranomaismääräykset	13
3.1	Palomääräykset	13
3.2	Eurokoodit	16
3.3	Rakennustuotteiden tuotehyväksyntä	16
3.3.1	CE-merkintä	17
3.3.2	Varmennustodistus	18
3.3.3	Palonsuojamaalien tuotehyväksyntä	18
3.4	Kemikaalien käyttöturvallisuustiedote	19
3.4.1	REACH-asetus	20
3.5	RunkoRYL 2010	20
3.5.1	Teräsrungon valmistamiseen ja asentamiseen liittyvät vaatimukset	20
3.5.2	Teräsrakenteiden palonsuojaus RunkoRYL 2010	21
4	Palonsuojamaalit maalityypit ja niiden ominaisuudet	21
4.1	Maalityypit	21
4.2	Maalinvalmistajien vaatimuksia	22
5	Teräsrakenteiden maalarin pätevyitysmiskoulutus	24
5.1	Näyttötehtävä ja kirjallinen koe	24

5.2	Mittalaitteiden käyttö ja kuivakalvonpaksuuden mittaaminen	25
5.3	Dokumentointi ja raportointi	26
5.4	Palonsuojamaalarin eettiset ohjeet	26
5.5	Koulutuksessa käytettävät laitteet ja maalit	28
6	Työturvallisuus	29
6.1	Työturvallisuus ohjeistus	29
6.2	Rakennustyömaalla tapahtuva palonsuojamaalaus	29
6.3	Konepajalla tapahtuva palonsuojamaalaus	30
6.4	Korkea työskenteleminen	31
6.4.1	Henkilönostimet	31
6.4.2	Työpukit ja -tasot	32
7	Kustannuslaskentaesimerkki	33
8	Kappaleen maalaus ja pinnoitepaksuusjakauma	35
8.1	Kappaleen maalaus	35
8.2	Pinnoitepaksuusjakauma	38
9	Pohdintaa	40
	Lähteet	41

Liitteet

Liite 1. Teräsrakenteiden HEA-, HEB-, HEM-, IPE-, INP-palkkien sekä erilaisten neliö-, suorakaide- ja pyöröprofiilien F/V-arvot.

Liite 2. Maalausnäytössä käytettävän palonsuojamaalin Hempel Hempacore AQ 48860 tuotetiedot, ETA-todistuksen taulukko 520 °C ja palonsuojamaalausjärjestelmään hyväksytyt tuotteet.

Liite 3. Teräsrakenneyhdistyksen tekemä vastaanotto- ja mittauspöytäkirjamalli manuaaliseen mittaukseen, sekä esimerkkitulosten mittaustuloksista.

Liite 4. Esimerkki koulutusmateriaalista, joka on laadittu insinööriyön pohjalta, teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

1.1.2009 jälkeen varmennettujen käyttöselosteiden mukaisia palonsuojamaalausjärjestelmiä on saanut maalata vain päteviksi todetut henkilöt. Pätevyyden suorittaneita maalareita on suhteellisen vähän teräsrakenteiden palonsuojaukseen tehtäviin töihin nähden. Palonsuojamaalareiden pätevyitysmiskoulutusta on järjestänyt Suomessa vain aikuiskoulutuskeskus Amiedu, joka toimii pääsääntöisesti pääkaupunkiseudun alueella. Jyväskylän aikuisopisto on anonut teräsrakenneyhdistykseltä lupaa aloittaa teräsrakenteiden palonsuojamaalarin pätevyitysmiskoulutusta 17.6.2015 ja saanut luvan 6.11.2015 aloittaa koulutusohjelma.

1.2 Yritys

Jyväskylän aikuisopisto on yksi Suomen suurimmista aikuiskouluttajista, opiskelijoita on noin 10 000 ja henkilökuntaa noin 250. Aikuisopisto on alueellisesti aktiivinen ja valtakunnallisesti merkittävä toimija, joka on järjestänyt koulutusta jo vuosikymmenten ajan. Jyväskylän aikuisopisto on osa Jyväskylän koulutuskuntayhtymää. Pintakäsittelyalan opiskelijoiden määrä aikuisopistolla vaihtelee 50 molemmin puolin. Tutkinnot koostuvat työssä olevien henkilöiden perustutkinnoista, ammattitutkinnoista ja erikoisammattitutkinnoista.

1.3 Työn tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa materiaalia teräsrakenteiden palonsuojamaalarin pätevyitysmiskoulutusohjelmaan. Puurakenteiden palonsuojasta ei työssä käsitellä. Koulutusmateriaalin lähteinä käytetään alan kirjallisuutta, verkkodokumentteja ja asiantuntijoiden haastatteluja. Alkuvaiheessa Jyväskylän aikuisopiston tarkoituksena on kouluttaa palonsuojamaalareita, mutta myöhemmässä vaiheessa on tarkoitus aloittaa myös palonsuojatarkastajien koulutus. Opinnäytetyössä suoritetaan metallikappaleen maalaus korkeapaineruiskulla ja tehdään maalikalvon paksuusmittaus

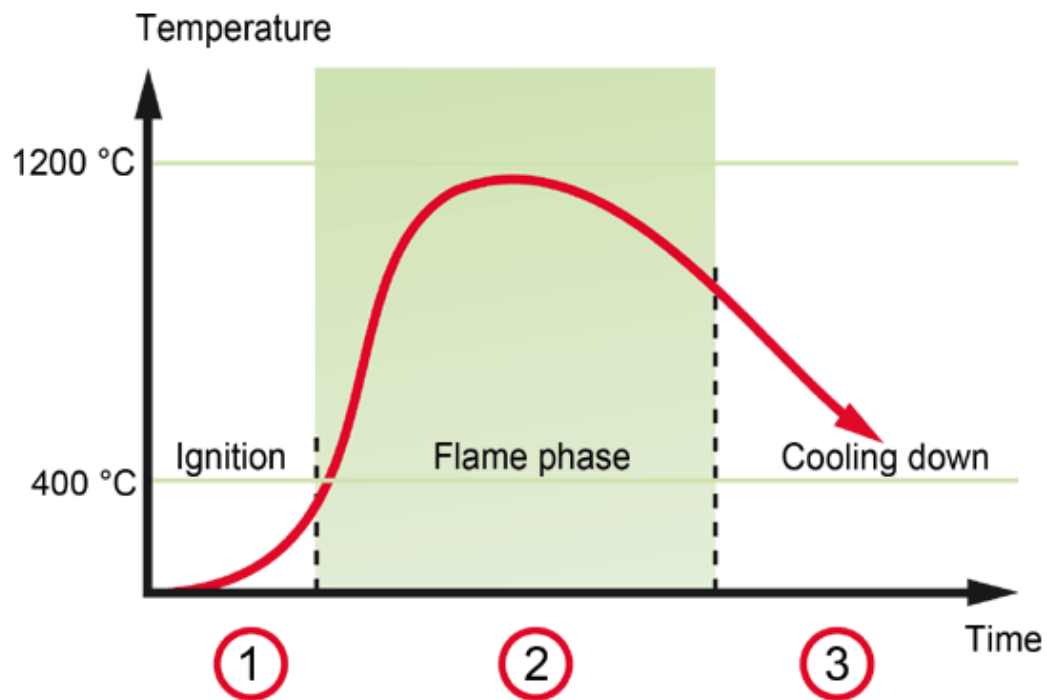
sekä märkänä että kuivana. Maalatulle kappaleelle laaditaan myös pinnoitepaksuusjakauma.

2 Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

2.1 Tulipalo

Rakennusten paloturvallisuus on yksi EU:n rakennustuoteasetuksen (CPR) keskeisimmistä vaatimuksista. Tulipalo tai sen vaara koskettaa suurta ihmismäärää vuosittain. Rakenteellisen paloturvallisuuden päätavoitteet ovat henkilövahinkojen välttäminen ja omaisuuden suojaaminen. Palo-onnettomuuksien tilasto osoittaa, että vakavimmin henkilövahinkoja aiheuttaa savu ja myrkylliset kaasut, joita voi muodostua jo ennen kuin lämpötila on noussut tai liekit ovat edes syntyneet. Rakennusten ja rakenteiden suunnittelussa henkilöturvallisuuden tärkein suunnittelukriteeri on nopean evakuoinnin varmistaminen palotilanteessa. [1, s. 6.]

Tulipaloon tarvitaan kolmea asiaa, palavaa materiaalia, happea ja korkea lämpötila. Rakennuksissa yleisesti palavaa materiaalia ja happea riittää. Materiaalien syttymiseen tarvitaan jokin korkealämmönlähde esimerkiksi kipinä tai kuuma esine. Palo koostuu kolmesta eri osiosta (kuva 1), kasvuvaihe, täysin kehittynyt palo ja sammumisvaihe. [2, s. 5.]



Kuva 1. Palossa esiintyvät vaiheet. [3]

Materiaalit käyttäytyvät palossa hyvin eri tavoin. Ne voivat osallistua paloon, tai ne ovat täysin palamattomia. Materiaalien savunmuodostuksessa on myös eroja, ja jotkin materiaalit voivat hajota palaviksi pisaroiksi tai osiksi. Lujuusominaisuuksiltaan materiaaleilla on suuria eroja. Teräkset ovat täysin palamattomia materiaaleja, mutta ne menettävät lujuutensa suhteellisen alhaisissa lämpötiloissa. Tämän takia teräkset on palonsuojattava eristämällä tai maalattava palonsuojamaaleilla. Puu puolestaan osallistuu paloon, mutta sen pinta hiiltyessään muodostaa puuta suojaavan eristekerroksen. Puu ei toisaalta menetä kantavuuttaan liian nopeasti tulipalotilanteessa. [2, s. 7.]

Viime vuosina eristepaksuudet rakennuksissa ovat lisääntyneet huomattavasti, koska rakennusten energiatehokkuutta on pyritty lisäämään. Palavia eristeitä käytettäessä ne lisäävät rakennuksen palokuormaa. Palokuorma määritetään palo-osaston käyttötavan perusteella, luotettavan arvion perusteella tai laskemalla. Määrittysten lähtökohtana on tilojen pääkäyttötapa. Palokuormat jaetaan kolmeen ryhmään sen mukaan, kuinka paljon tilassa on palavaa materiaalia yksikössä MJ/m^2 . [1, s. 6.]

- Yli 1200 MJ/m^2 :n tuotanto- ja varastotilojen palokuorma määritellään tai arvioidaan kohdekohtaisesti.

- 600 - 1200 MJ/m²:n palokuormatiloihin kuuluu kokoontumis- ja liiketilat, myymälät, näyttelyhallit ja moottoriajoneuvojen korjaus- ja huoltotilat.
- Alle 600 MJ/m²:n tiloiksi luokitellaan asunnot, majoitustilat, hoitolaitokset, osa liiketiloista kuten ravintolat, enintään 300 h-m² myymälät, toimistot, koulut, urheiluhallit, kirkot, teatterit ja päivähoitolaitokset. Mikäli kahden ensimmäisen palokuormamäärän tilaan on asennettu tarkoitukseen sopiva automaattinen sammutusjärjestelmä, tila voidaan katsoa kuuluvaksi tähän alimpaan palokuormatyhmään. [1 s. 6.]

Kantavat ja osastoitavat rakennusosat jaetaan luokkiin sen mukaan, miten hyvin ne kestävät palorasitusta:

R Kantavuus

E Tiiveys

I Eristävyys

M Iskunkestävyys. [1 s. 6.]

Merkintöjen jälkeen ilmoitetaan palonkesto aika minuutteina 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 tai 240. Näin muodostuva merkintä on rakennusosan paloluokka. [2 s. 22.]

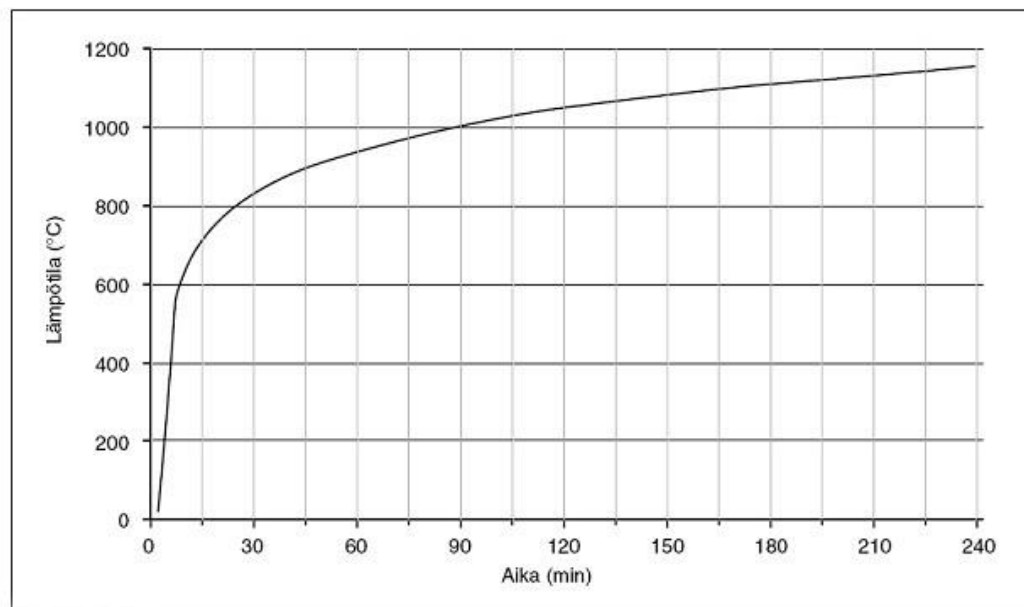
Palo-osastoinnilla tarkoitetaan palolta suojaavia rakenteita, joilla estetään tulipalon eteneminen rakennuksessa. Palomääräyksissä on määritelty, miten rakennukset tulee jakaa pienempiin paloalueisiin. Osastointi on osa rakennuksen passiivista palonsuojausta. Paloluokituksen saaneet kevyet väliseinät jakavat tilat palo-osastoihin. Seinät saavat paloluokituksensa, kun ne on määritelty eurooppalaisten standardien mukaan testaamalla. Rakenteiden pintojen palo-ominaisuudet on myös määritelty samoilla standardeilla. [1 s. 22.]

Palotilanteessa kuumuus rasittaa rakenteita ja palo pyrkii leviämään rakennuksessa. Paloluokiteltu väliseinä hidastaa palon etenemistä, koska rakenne ei sorru ja se pidättää ”osastoi” tulen vaaditun ajan. Kuumuuden ja kuormituksen yhteisvaikutuksen takia on tarpeellista määrittää väliseinälle sen palonkestävyys. Palonkestävyyden määrittämisessä

käytetään tähän tarkoitukseen standardilämpötila-aikakäyrää ja kuormitusta. Tyypillisesti väliseinien palonkestävyys on 30 - 120 minuuttia. [1 s. 22.]

2.2 Teräsrakenne tulipalossa

Teräs on palamaton materiaali. Tulipalossa teräsmateriaalit menettävät lujuutensa jo suhteellisen alhaisissa lämpötiloissa. Lämpö siirtyy teräsrakenteeseen palotilasta johtumalla, säteilemällä tai kulkeutumalla aineen mukana. Altistuttuaan palolle 15 min tai enemmän yli 600 °C:ssa suojaamaton rakenneteräs kokee muodonmuutoksia. Tällöin teräs taipuu ja vääntyy, sen metallurginen rakenne muuttuu ja viruma alkaa vaikuttaa 450 °C:n jälkeen. [4s.35]



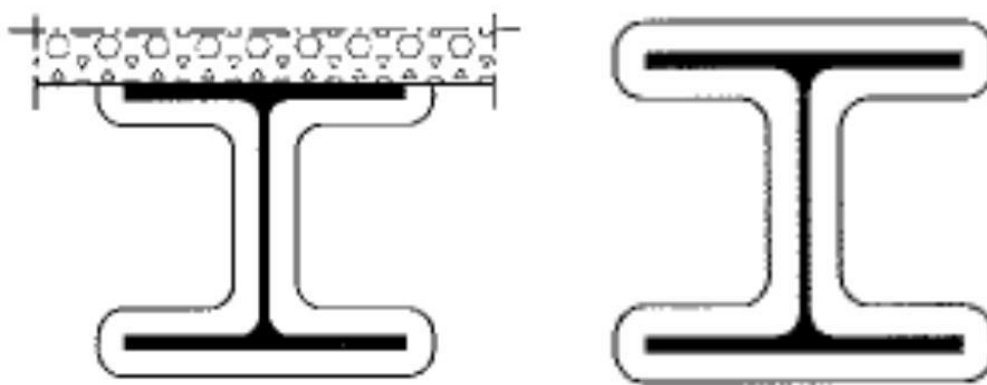
ISO-834 -standardin mukainen lämpötila-aikakäyrä

Kuva 2. Standardipalokäyrä. [5]

Kuvan 2 standardipalokäyrä ei ota huomioon palotilan geometriaa, palokuorman tyyppiä tai sijaintia, palon saamaa hapen määrää ja palon hiipumisvaihetta. Teräs on siis suojattava joko eristämällä se kuumista savukaasuista tai parantamalla sen lämmönsitomiskykyä. [4s.16]

2.4 Teräsosan poikkileikkaustekijä

Teräsrakenteen lämpötilan nousuun palotilanteessa vaikuttaa sen poikkileikkaustekijä F/V . Tämä tarkoittaa teräsosan palolle alttiin pinta-alan suhdetta osan tilavuuteen. Eurokoodeissa poikkileikkaustekijää kuvaa merkintä A/V . Jos rakenne on paksuseinämisestä teräksestä rakennettu, sen lämpötilan nousu on hidasta ja ohutseinämisissä lämpötilan nousu on puolestaan nopeaa. Teräsrakenteiden ainevahvuuden täytyy olla putkiprofiileilla vähintään 3,6 mm ja avoprofiileita käytettäessä 5-8 mm. Poikkileikkaustekijän vaihtelu on suurin syy siihen, että rakenteet käyttäytyvät palossa eri tavoin. [4, s. 19–23.]



Kuva 4. Vasemmalla oleva i-palkki on kosketuksissa betonilaattaan, oikealla oleva on puolestaan vapaassa tilassa. [4s. 21–22]

Mikäli poikkileikkaustekijä on vakio teräsosan eri kohdissa, voidaan laskelmissa käyttää teräsosan pinta-alan tilalla vastaavaa piiriä ja tilavuuden tilalla poikkileikkauksen pinta-alaa. Teräsrakenteen ollessa kosketuksissa toiseen rakenteeseen (kuva 4 vasemmalla) laskentakaavoissa otetaan huomioon vain suoraan palolle alttiit pinnat. [4, s. 21–23.]

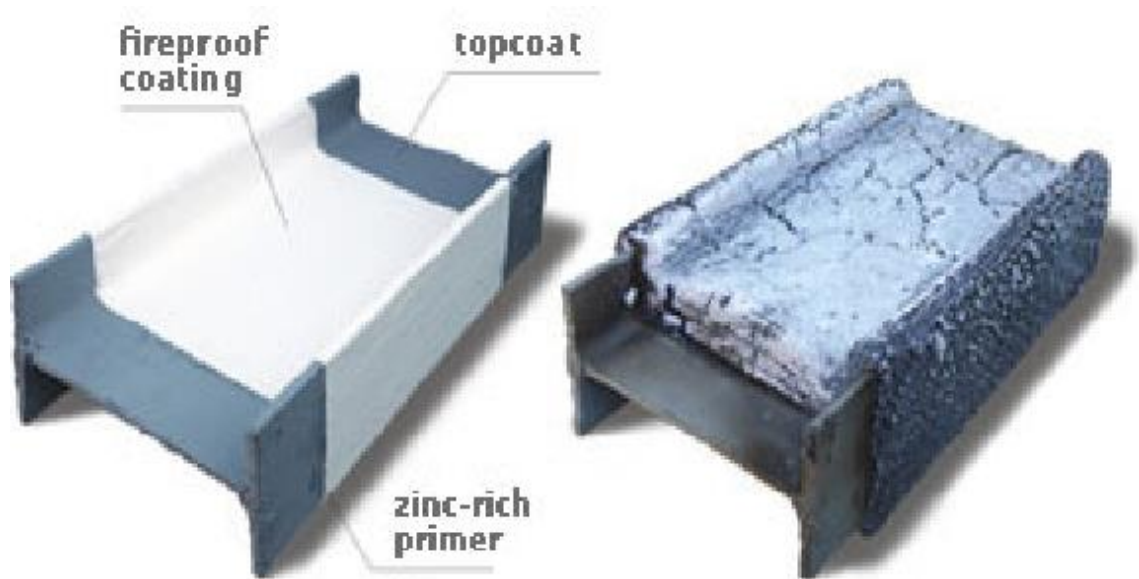
Erilaisten teräsrakenteiden HEA, HEB, HEM, IPE, INP sekä erilaiset neliö- ja suorakaideprofiilien ja pyöröprofiilien F/V -arvot löytyvät liitteenä (liite 1).

2.5 Palonsuojamaalaus

Palonsuojamaalausjärjestelmästä puhuttaessa siihen kuuluu teräsrakenteen esikäsitely, pohjamaalaus, palonsuojamaalaus ja pintamaalaus. Esikäsitelyllä pinnalta poistetaan liat, rasvat, ruosteet sekä muut pohjamaalin tartuntaa heikentävät tekijät. Pohjamaalin tehtävä on tasata alustassa olevia epätasaisuuksia ja antaa teräsrakenteelle riittävä korroosionkesto. Pintamaalilla muodostetaan haluttu värisävy ja sen oikealla tyypillä voidaan parantaa palonsuojamaalatun pinnan kulutuksen kestoa. [6, s. 59.]

Palonsuojamaalausjärjestelmän etuina voidaan pitää sen pientä suojapaksuutta, jolloin se jättää rakenteen muodot hyvin esiin ja laajaa värisävyvalikoimaa. Haittoina on puolestaan lyhyehkö palonkestoaika ja vesiohenteisten palonsuojamaalien huono kosteuden kesto. [7, s. 53.]

Palon aikana paisuva palonsuojamaali on käyttölämpötilassa kuten tavallinen maali. Palonsuojamaalien toiminta perustuu niiden kykyyn muodostaa eristävää vaahtoa lämmön vaikutuksesta (kuva 5). Vaahto hiiltyessään eristää teräsrakenteen ja näin estää rakenteen lämpötilan nousua. Palonsuojamaalin toiminta alkaa, kun lämpötila on noussut 200°C:seen. Maalin paisuntareaktio loppuu, kun teräksen lämpötila on noussut 300 °C:seen. Maalit eivät kestä pitkäaikaista tulipalorasitusta, vaan ne voivat alkaa halkeilla, valua tai kuoriutua pois (kuva 4). [6, s. 58.]



Kuva 5. Kappaleeseen on maalattu pohjamaali, palonsuojamaali ja pintamaali. Kuvassa kappale ennen ja jälkeen polttokokeen. [8]

Palonsuojamaalien kesto aika rajoittuu yleisesti 60 - 90 minuuttiin. On myös olemassa sellaisia epoksipohjaisia palonsuojamaaleja, jotka ovat saaneet hyväksynnän 120 minuutin standardipalolle. Palonsuojamaalien kuivakalvonpaksuudet ovat tavallisesti 200–3000 µm. Kyseessä olevasta paksuudesta on vähennetty pohja- ja pintamaalin osuus. Maalit levitetään ruiskulla, telalla tai siveltimellä. Suuria paksuuksia vaadittaessa joudutaan maalamaan useampi kerros oikean kuivakalvopaksuuden saavuttamiseksi. Suunnittelussa, työsuorituksessa ja logistiikassa on syytä ottaa huomioon, että palonsuojamaalit eivät kestä kovaa mekaanista rasitusta tai kosteutta. [6, s. 58.]

Palonsuojamaalaustyössä työvirheiden korjaus täytyy suorittaa silloin, jos maalikalvo on vaurioitunut tai kalvonpaksuus on liian pieni. Jos paikattava ala on $< 5 \text{ cm}^2$, kalvo voidaan korjata pintamaalilla. Suuremmissa pintavirheissä virhekohta kaavitaan, harjataan ja maalataan maalausjärjestelmään kuuluvilla tuotteilla, siten että pystytään takaamaan rakenteen vaadittu palonkesto aika korjauksen jälkeenkin. Palonsuojamaalia ei saa levittää pintamaalin päälle, jollei sitä ole varmennustodistuksessa hyväksytty. [7, s. 80; 9, s. 7-8.]

2.6 Palonsuojamaalien toimintamekanismit

Palonsuojamaalit reagoivat kemiallisesti lämpöön ja paisuvat endotermisesti eli sitovat lämpöä. Pinnalle muodostuu vaahtokerros, joka eristää kappaletta kuumuudelta ja jonka paksuus voi olla useita senttimetrejä. Kolme tekijää yksin tai yhdessä toimivat palonsuojamaalien toimintamekanismeina:

- Maali muodostaa palavia kaasuja laimentavia yhdisteitä.
- Maali muodostaa lasimaisen sulan.
- Maali muodostaa eristävän vaahdon kappaleen ympärille. [7, s. 35.]

Palavien kaasujen laimentaminen perustuu sideaineen kaasuuntumiseen korotetussa lämpötilassa. Tällöin kaasuseoksen leimahduspiste nousee. Sideaineesta muodostuneet kaasut laimentavat palavista materiaaleista muodostuneita kaasuja. Tällaisia kaasuja ovat muun muassa suolahappo, ammoniakki, bromihappo, hiilidioksidi ja vesihöyry. [10, s. 132–133; 7, s. 36.]

Lasimaisen sulan muodostumisessa maalissa täytyy olla fosfaatteja, boraatteja tai silikaatteja. Sulan muodostuminen on endoterminen reaktio, ja se alentaa lämpötilaa estokerroksen ilman ja alustan välille. Aiemmin eniten palonsuojamaalauksessa käytettyjen silikaattimaalien toiminta perustuu maalin sideaineen alkalisilikaatteihin, ne ovat itsessään melko palamattomia. Lämpötilan noustessa silikaattimaali vapauttaa vesihöyryä ja muodostaa huokoisen eristekerroksen. Kerros on kuitenkin hauras, ja se suojaa kappaletta vain niin kauan kun se pysyy paikoillaan. Irtoamisriskin takia silikaattimaalien käyttö on vähentynyt. [10, s. 133; 7, s. 38.]

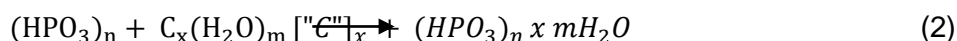
Eristävän kerroksen muodostavissa palonsuojamaaleissa maalit muodostavat sienimäisen hauraan kerroksen. Lämmöneristävyys on kerroksella erittäin hyvä. Kerroksen muodostuessa alustan lämpötilan nousu hidastuu. Maalikalvon paisuminen on seurausta maalin ainesosien termisestä hajoamisesta ja kaasuuntumisesta. Kaasut jäävät osittain puolisulaan maalikalvoon paisuttaen sitä. Kuumuuden vaikutuksesta eristävän kerroksen paksuus voi kasvaa 50–100-kertaiseksi ja sen tilavuuden muutos voi olla 15–30-kertainen verrattuna alkuperäiseen maalikalvoon. [7, s. 32.]

Palonsuojamaalien toimintamekanismi perustuu samaan aikaan tapahtuvaan vaahtoutumiseen ja hiilettymiseen. Maalit sisältävät yleensä seuraavat ainesosat: happolähde, hiilettävä materiaali, sideaine, vaahtoaine ja lisäaineet. [7, s. 42.]

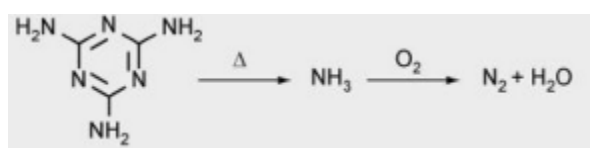
Mekanismi alkaa kun maalin sideaine pehmenee lämmön vaikutuksesta. Happolähde hajaantuu vapauttaen mineraalihappoa, esimerkiksi fosforihappoa. Yleisesti käytetyt happolähteet ovat epäorgaanisen hapon suoloja, ammoniumpolyfosfaatteja tai melamini-fosfaatteja. [7, s. 44.]



Hiilivaahdon muodostumisessa aine käy läpi sarjan reaktioita vapautuneen hapon läsnä ollessa. Hiilettymistä aiheuttava aine sisältää paljon OH-ryhmiä. Tyypillisiä hiilettäviä materiaaleja ovat hiilihydraatit kuten tärkkelys ja polyfunktionaaliset alkoholit kuten pentaerytrioli. [7, s. 45.]



Aine, joka hajoaa samanaikaisesti sideaineen sulaessa, aiheuttaa vaahtoutumisen. Aine vapauttaa suuren tilavuuden kaasuja, kuten hiilidioksidia, ammoniakkia ja vesihöyryä. Kaasut aiheuttavat palonsuojamaalin suuren laajenemisen. Tyypillisiä vaahtoutumisaineita ovat melamiini, urea, klooriparafiinit ja polyamidihdisteet. [7, s. 46.]



(3)

Kun vaahdon tilavuus on kasvanut (kuva 6), se kiinteytyy ristisidosten muodostumisen seurauksena. Palonsuojamaaleissa on myös paljon muita aineita, kuten, liuotteet ja väripigmentitsekä maalin ulkonäköön, reologiaan, kuivumiseen ja kovettumiseen vaikuttavia aineita. [7, s. 47–48.]



Kuva 6. Kattorakenteen ulkonäkö palotilanteen jälkeen. [11]

2.7 Muut palosuojausmenetelmät

Palonsuojaukseen on käytettävissä useita menetelmiä ja palonsuoja-aineita. Valintaan vaikuttavat asennus- ja käyttöolosuhteet sekä suojauksen kustannukset. Kustannusvertailussa on syytä huomioida hankinta- ja asennuskustannusten lisäksi myös mahdolliset suojauksen huoltokustannukset. Teräsrakenteiden ulkopuolinen palonsuojaus voidaan toteuttaa maalauksen lisäksi palonsuojalevytyksellä, -ruiskutteella, -rappauksella, -kaseilla, betonoinnilla tai muurauksella. Ontoissa teräsrakenteissa voidaan käyttää myös virtaavaa vettä tai täyttää ne betonilla. [6, s. 51.]

Välipohjarakenteiden palonsuojauksessa käytetään myös alaslaskettavia kattoja. Levyjen täytyy olla palonkestäviä ja ne pitää asettaa niin tiiviisti, etteivät palokaasut ja lämpö pääse katon ja välipohjarakenteiden väliseen tilaan. Polttokokeissa on havaittu, että rajoittava tekijä alaslaskettavissa katoissa on se, millä levyt on ripustettu. Näin ollen kunkin alaslaskettavan katon palonkesto aika ja suojausvaikutus on varmennettava polttokokeella. [6, s. 51.]

Palosuojausmenetelmiä ei voida asettaa yleistä paremmuusjärjestystä vaan suojaus-tapa ja -aine on valittava tapauskohtaisesti. Lopullisen valinnan määrittelevät usein ark-kitehtoniset seikat. [6, s. 51.]

Suojausmenetelmät jaetaan kuiviin ja märkiin menetelmiin. Kuiviin menetelmiin kuuluvat tuotteet kiinnitetään yleensä mekaanisilla kiinnikkeillä suojattavaan kohteeseen tai teräsrakenteet koteloidaan. Kuivia tuotteita ovat

- mineraalivillalevyt

- vermikuliittilevyt
- perliittilevyt
- kalsiumsilikaattilevyt
- puukipsilevyt
- kipsilevyt ja kipsielementit
- sementti- ja selluloosalevyt
- palosuojauskasetit
- tiili
- kevytbetoniharkko
- puu.

Märkiä tuotteita ovat

- mineraalikuituruiskutus
- vermikuliittiruiskutus
- palosuojamaali
- rappaus
- betoni
- vesi. [6, s. 51.]

3 Viranomaismääräykset

3.1 Palomääräykset

Maankäyttö- ja rakennuslaissa määritellään rakentamista koskevat edellytykset ja tekniset vaatimukset. Laista löytyy myös ohjeet lupamenettelyyn ja viranomaisvalvontaan. Suomessa rakentamista säätelee ympäristöministeriö rakentamislaille ja -asetuksilla. Rakennusmääräyksiä ollaan parhaillaan päivittämässä EU-määräysten mukaisiksi. Ministeriö julkaisee rakentamismääräyskokoelmaa, josta palomääräykset löytyvät osasta E. Kokoelmasta löytyy seitsemän osaa liittyen paloturvallisuuteen. Näistä tärkeimpinä

E1, joka koskee rakennusten paloturvallisuutta ja E2, joka käsittelee tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuutta. [12]

E1-kokoelma käsittelee uudisrakennuksia mutta sitä voidaan myös soveltaa korjauskorjaamiseen. Paloturvallisuuden kannalta E1 löytyy olennaiset vaatimukset rakennuksille:

- Rakennusten kantavien rakenteiden tulee kestää niille asetettu vähimmäisaika.
- Tulipalon leviäminen toisiin rakennuksiin tulee rajoittaa tai estää.
- Henkilöiden täytyy päästä pois rakennuksesta tai heidän on voitava pelastaa muulla tavoin.
- Pelastushenkilöstön turvallisuus on huomioitava.

Rakentamismääräyskokoelman E1 osan vaatimukset osoitetaan toteen, kun noudatetaan rakennusmääräysten paloluokkia ja lukuarvoja sekä laskennallisesti mitoitetaan oletettu palonkehitys rakennuksessa. [2, s. 19–21.]

E1-kokoelmassa esitetyt rakennusten paloluokat ovat P1, P2 ja P3.

Paloluokkaan P1 kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan pääsääntöisesti kestävän palossa sortumatta. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu.

Paloluokkaan P2 kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset voivat olla paloteknisesti edellisen luokan tasoa matalampia. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan asettamalla vaatimuksia erityisesti pintaosien ominaisuuksille ja paloturvallisuutta parantaville laitteille. Lisäksi rakennuksen kokoa ja henkilömäärää on rajoitettu käytöstavasta riippuen.

Paloluokkaan P3 kuuluvan rakennuksen kantaville rakenteille ei aseteta erityisvaatimuksia palonkestävyyden suhteen. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan rakennuksen kokoa ja henkilömäärää rajoittamalla käytöstavasta riippuen. [13, s. 10.]

Suomessa käytettävien rakennustarvikkeet luokitellaan kuvan 7 mukaan. Paloluokat testataan ja ilmoitetaan standardin SFS-EN 13501-1 mukaisesti. Testin perusteella rakennustarvikkeet jaotellaan seitsemään pääryhmään palo-ominaisuuksiensa mukaan.

Paloluokka	
A1	Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon
A2	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu
B	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu
C	Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti
D	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä
E	Tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä
F	Tarvikkeet, joiden käyttäytymistä ei ole määritelty

Kuva 7. Rakennustarvikkeiden paloluokat EN 13501-1 mukaan. [1, s. 7.]

Paloluokkien lisäksi rakennustarvikkeet jaetaan vielä savuntuotto-ominaisuuksien ja palavien pisaroiden syntyminen mukaan (kuva 8).

Savuntuotto- ja pisarointiominaisuudet	
s1	Savuntuotto on erittäin vähäistä
s2	Savuntuotto on vähäistä
s3	Savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia
d0	Palavia pisaroita tai osia ei esiinny
d1	Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti
d2	Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia

Kuva 8. Rakennustarvikkeiden savuntuotto- ja pisarointiominaisuudet. [1, s. 7.]

Rakentamismääräyskokoelman määräykset koskevat perinteisesti uuden rakennuksen rakentamista. Saneeraus- ja muutoskohteissa määräyksiä on sovellettu vain siltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus tai rakennuksen muutettava käyttötapa ovat edellyttäneet. Määräykset on tarkoitettu joustaviksi siten, kuin se on rakennusten ominaisuudet

ja erityispiirteet huomioon ottaen mahdollista. Rakentamista koskevat määräykset ovat uudistumassa vuoteen 2018 mennessä. [12]

3.2 Eurokoodit

Eurokoodit koskevat kantavien rakenteiden suunnittelua eurooppalaisten standardien mukaan. Jokaisessa maassa on käytössä myös kansalliset rakentamismääräykset ja nämä eivät välttämättä mene yksi yhteen eurokoodien kanssa, joten soveltamista tarvitaan. Tavoitteena eurokoodeilla on kaupan teknisten esteiden poistaminen ja teknisten vaatimusten yhdenmukaistaminen. [2, s. 17.]

EN 1993-1-2 Eurokoodi 3, osassa 1-2 käydään läpi yleiset säännöt rakenteen palomitoitukseen. Suunnitteluperusteiden perusvaatimukseen kuuluu, että teräsrakenteet tulee suunnitella ja rakentaa niin, että rakenteet säilyttävät kantavuutensa niille asetetun palonkestoajan. Muodonmuutosehtoa tulee soveltaa, mikäli suojaus tai osastoitavan rakenneosan mitoitusehto vaativat kantavan rakenteen muodonmuutoksen huomioonottamista. [14, s. 19.]

3.3 Rakennustuotteiden tuotehyväksyntä

Rakennustuotteiden valmistuksessa on kiinnitettävä huomioita tuotteen turvallisuuteen ja ne täytyy valmistaa kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti, eivätkä ne saa aiheuttaa haittaa terveydelle. Maankäyttö- ja rakennuslaissa esitettyjen vaatimusten täytäneet rakennustuotteet ovat käyttökelpoisia kun tekniset ominaisuudet, jotka koskevat

- terveellisyyttä
- rakenteiden lujuutta ja vakautta
- paloturvallisuutta
- käyttöturvallisuutta
- esteettömyyttä
- meluntorjuntaa ja ääniolosuhteita
- energiatehokkuutta ovat täyttyneet.

Rakennustuotteiksi lasketaan sellaiset tuotteet, jotka tulevat kiinteäksi osaksi rakennusta, esimerkiksi ikkunat, väliseinäelementit ja teräsrakenteet. Rakennustuote tarkoittaa myös edellä tarkoitetun tuotteen asentamista varten tarvittavaa osaa. Palonsuoja-
maali tulee kiinteäksi osaksi rakennusta, joten se on rakennustuote. EU:n rakennustuoteasetus koskee sellaisiin rakennustuotteisiin, joille on olemassa harmonisoitu tuotestandardi, tai joille tuotteen valmistaja on hakenut eurooppalaisen teknisen arvioinnin (ETA).
[15]

3.3.1 CE-merkintä

CE-merkintä on tullut pakolliseksi suurelle osalle rakennustuotteista heinäkuusta 2013 alkaen. CE-merkinnällä valmistaja vakuuttaa, että rakennustuotteen ominaisuudet ovat eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin tai ETA-hyväksynnän mukaiset. Heinäkuun 2013 alun jälkeen valmistaja ei ole saanut tuoda markkinoille rakennustuotteita, jotka kuuluvat harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan ja joilla ei ole CE-merkintää. CE-merkintä osoittaa, että tuote on testattu harmonisoidun tuotestandardiin kuuluvalla testausmenetelmällä ja tuote on ilmoitetun suoritustason mukainen. Merkinnän tavoitteena on parantaa samanlaisten rakennustuotteiden vertailukelpoisuutta ja helpottaa tuotteiden myyntiä muualle Eurooppaan, ilman että tarvitsee jokaisessa maassa tehdä lisäselvityksiä. Ympäristöministeriö on nimennyt hyväksytyiksi CE-merkinnän arviointilaitoksiksi Suomessa seuraavat toimielimet, seuraavassa on esimerkki siitä, mitä tuotteita ne voivat hyväksyä.

- VTT Expert Services Oy, erilaisia rakennustuotteita muun muassa pinnan suojaustuotteita, kuten Holz Prof (HR Prof) palonsuoja-aine.
- DNV Certification Oy, lääkinälliset laitteet ISO 13485-standardin mukaan.
- Finotrol Oy, erilaiset puu- ja betonituotteet, kuten lujuuslajiteltu rakennesa-hatavara (EN 14081–1:2005 + A1:2011).
- Inspecta Sertifiointi Oy, kuumavesisäiliöt (92/42/EEC), hissit (95/16EC).
- Ramboll Finland Oy, tarjoaa muun muassa paloteknistä suunnittelua ja sertifiointia palonsuoja-aineille.
- Contesta Oy, toimii betonialalla tutkimuksen, tuotekehityksen ja laadunvarmistuksen parissa.
- Suomen ympäristökeskus (SYKE), tarjoaa palveluita kestävän yhteiskunnan rakentamiseksi ja sertifiointia esimerkiksi ilmanlaatumittauksissa.

- Kymenlaakson ammattikorkeakoulu Oy, tarjoaa jatkuvalämmitteisten saunan kiukaiden tyyppitestauksia standardin SFS-EN 15821 mukaisesti.

Suomalainen valmistaja, joka haluaa tuotteelleen CE-merkinnän, voi halutessaan hakea merkintää myös toisen EU-maan päteväksi todetulta laitokselta. [16]

3.3.2 Varmennustodistus

Entinen varmennettu käyttöseloste uudistui heinäkuun alusta 2013, kun laki rakennustuotteiden hyväksynnästä tuli voimaan. Varmennetun käyttöselosteen korvasi varmennustodistus. Suomessa käytössä oleva varmennustodistus on rakennustuotteiden vapaaehtoinen hyväksyntämenettely. Mikäli rakennustuotteen kelpoisuutta ei voida osoittaa CE-merkinnällä tai sille ei ole myönnetty eurooppalaista teknistä arviointia (ETA-todistusta), rakennustuotteen valmistaja voi osoittaa tuotteen kelpoisuuden kansallisella varmennustodistuksella. Todistus osoittaa valmistajan kannalta, että tuote on testattu lainsäädännön puitteissa ja se täyttää sille asetetut vaatimukset. Rakentaja puolestaan voi todentaa tuotteen kelpoisuuden rakennuslupaa hakiessaan tai rakennusvalvonnan yhteydessä. [17]

Varmennustodistuksen antaa ympäristöministeriön hyväksymä toimielin. Valmistajalle sen hankkiminen on vapaaehtoista. Tuote tai tuoteryhmä määrittelee sen, mitä varmennustodistuksessa ilmoitetaan. Ministeriön hyväksymä toimielin antaa tuotteelle varmennustodistuksen, joko näyte-erätarkastuksen perusteella tai tuotteen valmistamisen jatkuvan varmentamisen perusteella. Ympäristöministeriön hyväksymä laadunvalvonnan varmentaja varmentaa valmistajan sisäisen laadunvalvontajärjestelmän. Laadunvalvonnan varmentajana voi toimia, kun täyttää ympäristöministeriön asetuksessa (55/2013) säädetyt vaatimukset. Varmennustodistuksen saamiseksi täytyy sekä valmistajan että laadunvalvojatoimielimen suorittaa laadunvalvontaa tuotteen valmistamisen aikana. [17]

3.3.3 Palonsuojamaalien tuotehyväksyntä

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaukseen soveltuville maaleille tarvitaan ETA-todistus. Todistuksen saamiseen tarvitaan.

- polttokokeet EN 13381 osan 8 mukaisesti
- hidas kuumennuskoe

- kestävyystestaus ETAG 018-2 mukaisesti (sisältää koko maalausjärjestelmän pohja-, palosuoja- ja pintamaalin)
- pohjamaalin yhteensopivuustesti ETAG 018-2 mukaisesti
- paloluokitustestaus EN 13501-1 mukaisesti.

ETA-todistuksesta löytyy yleinen kuvaus palonsuojamaalista, sen levitysmenetelmät, tuotteen käyttötarkoitus, olosuhteet joihin tuote on tarkoitettu, mihin paloluokkiin maalia voidaan käyttää, palonkestävyys, pintamateriaalin paloluokitus pelkälle palonsuojamaalille sekä pintamaalin kanssa ja lausunto tuotteen sisältämistä terveydelle vaarallisista kemikaaleista. [18]

3.4 Kemikaalien käyttöturvallisuustiedote

Käyttöturvallisuustiedote on asiakirja, jossa kerrotaan tietoa aineen tai seoksen ominaisuuksista, riskeistä sekä annetaan ohjeet sen turvalliseen käyttöön eri ammateissa. Käyttöturvallisuustiedotteesta säädetään REACH-asetuksen N:o 1907/2006 tietojen toimittamista koskevan osaston IV 31 artiklassa. Käyttöturvallisuustiedote on toimitettava kemikaalin käyttäjälle tai vastaanottajalle. Käyttöturvallisuustiedotteen laatimisesta vastaa se toimielin, joka tuo kemikaalin markkinoille. Se voi olla maahantuoja, valmistaja, jakelija tai muu toiminnanharjoittaja. [19]

Käyttöturvallisuustiedote on:

Päivitettävä ja siinä on oltava vakio-otsikot määrättyssä järjestyksessä.

Päivitettävä sitä mukaa kun saadaan uutta tietoa kemikaalin ominaisuuksista tai käytöstä.

Toimitettava sen jäsenvaltion virallisilla kielillä, jossa aine tai seos saatetaan markkinoille.

Se on toimitettava maksutta paperimuodossa tai sähköisesti. [19]

Käyttöturvallisuustiedote laaditaan vaaralliseksi aineeksi luokitelluista aineista ja seoksista sekä luokittelemattomista seoksista, jotka sisältävät vaarallista ainetta. Luokittelemattomista seoksista käyttöturvallisuustiedote toimitetaan pyynnöstä. Käyttöturvallisuustiedotetta ei tarvitse toimittaa, mikäli aineesta tai seoksesta on olemassa riittävät

tiedot, joiden perusteella käyttäjät voivat toteuttaa tarvittavat toimenpiteet ihmisten terveyden ja ympäristön suojaamiseksi. Käyttäjän pyynnöstä on käyttöturvallisuustiedote kuitenkin toimitettava. Käyttöturvallisuustiedotetta päivitetäessä uusien versio on toimitettava kaikille edellisen 12 kuukauden aikana kemikaalia vastaanottaneille tahoille. [19]

3.4.1 REACH-asetus

REACH-asetus, joka tuli voimaan 1.6.2007, on Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 1907/2006 kemikaalien lupamenettelyistä, rekisteröinnistä, arvioinnista ja rajoituksista (**R**egistration, **E**valuation, **A**uthorisation and **R**estriction of **C**hemicals). Asetus ohjaa suoraan jäsenmaita sitovaa lainsäädäntöä. Asetuksen tärkeimpinä tavoitteina on tehostaa EU:n kemikaaliteollisuuden kilpailukykyä, varmistaa terveyden- ja ympäristönsuojelun korkea taso sekä taata tavaroiden vapaa liikkuvuus Euroopan unionin sisämarkkinoilla. [20]

3.5 RunkoRYL 2010

3.5.1 Teräsrungon valmistamiseen ja asentamiseen liittyvät vaatimukset

Rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia, RYL-kokoelmasta löytyy rakennuslalla yleisesti käytetyt hyvän rakennustavan mukaiset ohjeet. RunkoRYL2010-kokoelmassa kuvataan talonrakennuksen runkotöihin liittyvät vaatimukset ja ohjeet. RunkoRYL 2010:n kohdasta 93 löytyy palonsuojaukseen liittyvät asiat. [21, s. 3.]

Teräsrakenteet on valmistettava ja asennettava suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti niin etteivät rajoittavat tai valmiit rakenneosat vaurioidu. Asennusolosuhteiden on oltava sellaiset, että vaadittu lujuus- ja laatu saavutetaan. Työ- ja kiinnitysmenetelmät eivät saa huonontaa valmiin rakenteen laatua tai ominaisuuksia. Teräsrakenneosat on valmistettava siten, ettei niihin tiivisty haitallisessa määrin kosteutta ja että rakenteen tuulettuudelle sekä lämmöneristävyydelle asetetut vaatimukset täyttyvät. [21, s. 193.]

Perusmateriaalia on työstettävä niin, etteivät materiaalin ominaisuudet huonone. Leikkaukset ja reiät tehdään mahdollisuuksien mukaan ennen pintakäsittelyä. Jos reikiä tekeminen ennen maalausta on mahdotonta, vaurioituneet kohdat täytyy korjata asianmu-

kaisella tavalla. Materiaalin kiinnitykset ja liitokset tehdään suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti ruuvikiinnityksellä, niittaamalla tai hitsaamalla. Teräsrakenteiden valmistamiseen ja työstämiseen on olemassa omat standardinsa. [21, s. 193–194.]

3.5.2 Teräsrakenteiden palonsuojaus RunkoRYL 2010

Erilaisten palonsuojauksessa käytettyjen materiaalien palonsuojauskyky on testattu polttokokeissa standardien edellyttämällä tavalla. Ennen kuin maalaustyötä aletaan tehdä, on suunnittelija valinnut kuhunkin rakennuskohteeseen sopivimman palonsuojausmenetelmän rakenteen luokkavaatimusten, käyttökohteen, suojattavan pinnan ja ympäristöolosuhteiden mukaan. Palonsuojaustyössä on otettava huomioon kaikki työn onnistumiseen vaikuttavat seikat, kuten asennusolosuhteet ja menetelmien vaatimukset. Palonsuojaustyö on suunniteltava niin, etteivät lähellä olevat rakennusosat vaurioidu. Kun työ tehdään rakenteiden lopullisessa paikassa, on ympäristö suojattava ohiruiskutukselta ja muulta likaantumiselta. [21, s. 295.]

Valmiiseen palonsuojaustyöhön kiinnitetään palo-osastoittain palonsuojausmaalauksesta kertovat merkinnät. Palonsuojamaalauksen luovutuksen yhteydessä tarkastetaan palonsuojamaalaussuunnitelma, vastaanottopöytäkirja ja mittausalueiden mittauspöytäkirjat. Katselmuksen tulokset sekä kaikki tarvittavat asiakirjat kootaan työmaalla ylläpidettäviin laadunvalvonta-asiakirjoihin. [21, s. 297.]

4 Palonsuojamaalit maalityypit ja niiden ominaisuudet

4.1 Maalityypit

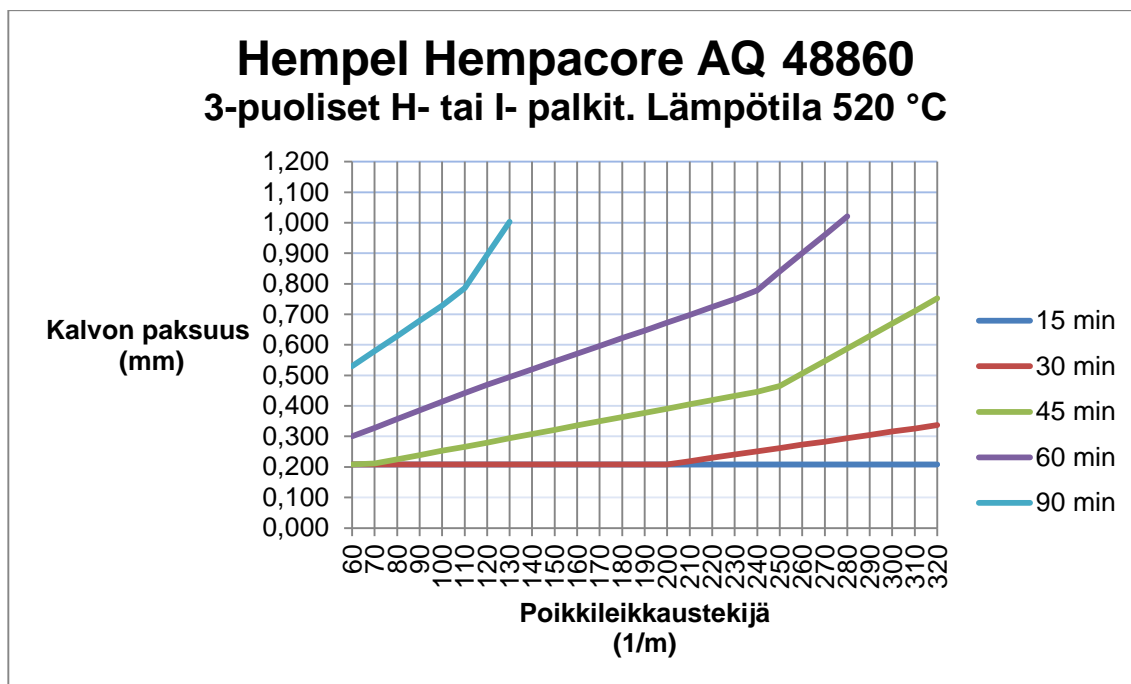
Teräsrakenteiden palonsuojamaaleja löytyy vesi- ja liuotinhenteisinä. Tuotteet ovat pääsääntöisesti yksikomponenttisia. Maalityyppien toimintamekanismi on lämmönvaikutuksesta muodostuva eristävä vaahtokerros teräsrakenteen pinnalla. [6, s. 104.] Palonsuojamaalaus on tarkoitettu pintamaalattavaksi rasisluokan Z2 mukaisissa sisätiloissa. Z2-luokka tarkoittaa sisätiloja, joiden ilman suhteellinen kosteus on alle 85 %, lukuun ottamatta sellaisia tiloja, joiden lämpötila on alle 0 °C. [22]

4.2 Maalinvalmistajien vaatimuksia

Maalinvalmistajien asettavat omille palonsuojamaalituotteilleen tarkkoja vaatimuksia käytettävien yhdistelmien suhteen, muuten ohjeistukset ovat hyvin yhteneviä. Suojattava pinta täytyy esikäsitellä huolellisesti. Pinnoilta poistetaan suolat, rasvat, öljy ja muut pohjamaalin tartuntaa heikentävät tekijät alkali- tai emulsiopesulla. Teräspinnat suihkupuhdistetaan puhdistusluokkaan Sa 2½. Raepuhalluksen jälkeen teräsrakenteet pohjamaalataan maahantuojan ohjeiden mukaisesti. [6, s. 96.] Heinäkuun 2013 jälkeen markkinoille tulleille maaleille valmistajien on täytynyt hankkia CE-merkintä. Sillä tuotteen valmistaja vakuuttaa että rakennustuotteen ominaisuudet ovat eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin tai ETA-hyväksynnän mukaiset. [16]

Palonsuojamaalin maalaus voidaan tehdä siveltimellä, telalla tai korkeapaineruiskulla ruiskuttaen. Eri valmistajien suositeltavat kuivakalvon paksuudet kertamaalauksella ovat 600–800 µm. Uudelleenmaalaus, maalausolosuhteista riippuen, voidaan suorittaa 4–16 tunnin kuluessa edellisestä maalauskerrosta, kuitenkin niin että saman päivän aikana tulee enintään kaksi maalauskerrosta. Pintamaalaus tehdään 4–16 tunnin sisällä viimeisestä palonsuojamaalauskerrosta. Pohja- ja pintamaalina käytetään ETA-todistuksen mukaisia käsittely-yhdistelmiä, jolloin maalausjärjestelmä täyttää EU:n lainsäädännön asettamat vaatimukset. [6, s. 96.]

Työssä huomioitavaa on erityisesti se, miten paksu palonsuojamaalikalvon täytyy olla. Tarvittava kalvonpaksuus selviää ETA-todistuksen yhteydestä löytyvästä poikkileikkaus-tekijä-aika -taulukosta (kuva 9). Arvot, joista kuvan 9 kuvaaja on laadittu, löytyvät liitteenä (liite 2).



Kuva 9. Hempel Hempacore AQ 48860-mitoituskäyrät standardipalolle, kun käytössä on H- tai I-palkki, 3-suunnalta tulevassa tulipalossa, rakenteen palonkesto aika 30 - 90 minuuttia ja palonsuojamaalin kuivakalvonpaksuus on 200–1100 µm välillä.

Taulukoita löytyy samasta ETA-todistuksesta useita, koska määrätyissä rakenteellisissa palonkestoajoissa on eroja. Taulukoista oikean kerrospaksuuden löytäminen on tärkeää, koska palonsuojamaalit ovat hyvin arvokkaita, joten turha kalvonpaksuus ei ole taloudellisesti kannattavaa. Konepajoilla maalatut teräsrakenteet täytyy kuljetuksen ja varastoinnin ajaksi suojata huolellisesti, ettei maalikalvoihin tule tarpeettomia painaumuksia tai muita pintavirheitä. Jos pintaan tulee kolhuja, ne täytyy korjata välittömästi alkuperäisellä maalauksyhdistelmällä. [6, s. 96.]

Palonsuojamaalauksessa syntyneiden pintavirheiden korjaus voidaan suorittaa pelkällä pintamaalilla, jos virheen pinta-ala on alle 5 cm². Suuremmat vauriot kaavitaan ja teräsharjataan standardin SFS-ISO-8501-1 mukaiseen St2-ruosteenpoistoasteeseen ja maalataan maalausjärjestelmään kuuluvilla tuotteilla vaadittuun kuivakalvonpaksuuteen. Palonsuojamaalin levitystä pintamaalin päälle täytyy pyrkiä välttämään. Mikäli kuivakalvon paksuus maalauksen jälkeen on liian alhainen tai palonsuojamaali on vaurioitunut, pinta- ja palonsuojamaali poistetaan korjausta varten suihkupuhdistamalla tai kaapimalla. Pohjamaalin ollessa myös vaurioitunut, vauriokohdat on suihkupuhdistettava ja korjattava maalausjärjestelmän tuotteilla. [6, s. 96.]

Maalausnäytössä käytettävän palonsuojamaalin Hempel Hempacore AQ 48860 tuotetiedot, yhteensopivat pohja- ja pintamaalit ja ETA-todistuksesta otettu sivu, josta selviää maalin poikkileikkaus-aika koordinaatisto, löytyvät liitteenä (liite 2).

5 Teräsrakenteiden maalarin pätevyitysmiskoulutus

Teräsrakenneyhdistyksen normitoimikunta on päättänyt, että palonsuojamaalaustyötä tekevältä henkilöltä edellytetään pätevyystodistuksen osoittaminen vuoden 2009 alusta alkaen. Palonsuojamaalarilta vaaditaan vähintään kaksi vuotta työkokemusta palosuoja- tai ruiskumaalauksesta ja yksipäiväinen koulutus TRY:n hyväksymässä oppilaitoksessa. [7, s. 66.] Teräsrakenneyhdistys pyrkii ohjeistuksella parantamaan palonsuojamaalauksen laatua ja yhdenmukaistamaan toimintaa kansallisella tasolla. Yhdistys suosittelee teräsrakennetöiden tilaajille pätevien palonsuojamaalareiden käyttöä kaikissa tapauksissa. [9, s. 1.]

Palonsuojamaalarin tehtäviin kuuluu huolehtia, että maalausprosessi toteutetaan maalinvalmistajan ohjeiden mukaisesti sekä yleisten palonsuojamaalausohjeiden mukaan. Tarpeen vaatiessa maalarin on osattava etsiä tietoa ja pystyttävä soveltamaan niitä käyttöolosuhteisiin sopivalla tavalla. [7, s. 66.]

Palonsuojamaalarin pätevyitysmiskoulutuksen hyväksytysti suorittaneet henkilöt voivat hakea pätevyystodistusta TRY:n sivuilta löytyvällä lomakkeella. Pätevyyttä on haettava viimeistään neljän vuoden kuluttua koulutuksesta. Pätevyystodistus on voimassa neljä vuotta, ja sen uusiminen vaatii puolen päivän täydennyskoulutuksen, uuden työnäytteen antamisen ja hakemuksen pätevyyden uusimisen. [9, s. 2.]

5.1 Näyttötehtävä ja kirjallinen koe

Palonsuojamaalarin pätevyystodistuksen saamiseksi maalarin täytyy suorittaa näyttökoe hyväksytysti. Näyttöön koostuu teoriakokeesta, mittausnäytöstä ja korkeapaineruiskulla suoritettavasta maalausnäytöstä. [23]

Teoriakokeeseen kuuluu rastiruutuun tehtäviä ja vaihtoehtokysymyksistä sekä sanallisia kysymyksiä. Kokeen läpäisyyn vaaditaan oikea vastaus 50 %:iin kysymyksistä. Mittausnäytössä mitataan teräskappaleen kuivakalvonpaksuutta mittausteknisesti oikeista kohdista teräsrakenteessa. Huomiota kiinnitetään erityisesti siihen, että mittalaite kalibroidaan ennen varsinaisen mittaustyön aloitusta ja sopivin väliajoin mittaustyön aikana. Mittauspisteitä täytyy olla myös riittävä määrä tiettyä pinta-alaa kohden. Maalausnäytössä henkilö maalaa valmiiksi pohjamaalatun metallikappaleen palonsuojamaalilla. Maalauksessa täytyy kiinnittää huomiota riittävään kerrospaksuuteen, jota seurataan maalaustyön edetessä märkäkalvomittauskammalla. [23]

5.2 Mittalaitteiden käyttö ja kuivakalvonpaksuuden mittaaminen

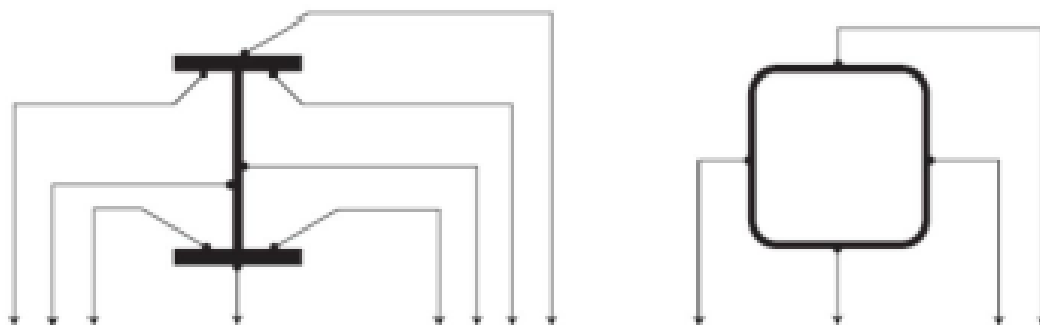
Kuivan maalikerroksen paksuutta voidaan mitata erilaisilla mittalaitteilla.. Käytössä on kalvoa rikkovat menetelmät ja kalvoa rikkomattomat menetelmät. Tässä työssä perehdytään menetelmiin, jotka eivät riko maalikalvoa. [24, s. 31.]

Teräsalustalla olevan kuivan maalikalvon mittauksessa käytetään magneetin avulla toimivia mittareita. Maalikalvo on sähköinen eriste, joka heikentää magneettista vuorovaikutusta. Mittalaitteet mittaavat magneettista vetovoimaa magneetin ja perusmetallin välillä tai pinnoitteen vaikutusta magneettiseen induktioon. Mittareita on kesto- tai sähkömagneettisina. Jos joudutaan mittaamaan ei-magneettisia metalleja, esimerkiksi alumiinia, käytetään pyörrevirtamittareita. Pyörrevirtojen voimakkuus on riippuvainen kappaleen ja mittapään välissä olevasta maalikalvon paksuudesta. [24, s. 31, 36.]

Kalvonpaksuusmittarit tulee kalibroida aina mittaustyön alussa ja säännöllisin väliajoin mittaustyön aikana. Kalibroinnissa käytetään tiedossa olevia ei-magneettisia metalli- tai muoviliuskoja, jotka asetetaan mitta-anturin ja metallipinnan väliin. Ohuita maalikalvonpaksuuksia mitattaessa, tulee paksuusarvoja korjata alustan esikäsittelyn yhteydessä tulleiden pintaprofiilivirheiden mukaan. Korjausarvot ovat välillä 10–40 mikrometriä riippuen pintaprofiilista. Palonsuojamaalauksessa käytetään kuitenkin paksuja maalikalvoja (1000–3000 μm), ettei pintaprofiiliin virheitä tarvitse huomioida. [24, s. 36–37.]

Kalvonpaksuuden mittaamista varten valitaan rakenteista jokaista alkavaa 100 m^2 kohden viisi mittausaluetta, joiden koko on 0,25 m^2 . Valitulta alueelta mitataan 30 mittausta. Rakenteista valittujen alueiden tulee mahdollisimman hyvin edustaa maalatun rakenteen

kannalta erilaisia pintoja (kuva 10). Palosuojamaalin kuivakalvon mittauksessa otetaan huomioon pohjamaalin osuus mittaustuloksissa.



Kuva 10. Erilaisten teräsprofiilien oikeat mittauskohdat. [6, s. 67.]

Jos mittarin anturi pyrkii painumaan maalikalvoon, käytetään anturin ja kalvon välissä tietynpaksuista kalibrointilevyä, joka huomioidaan kalvonpaksuusmittauksen tuloksessa. [9, s. 8.]

5.3 Dokumentointi ja raportointi

Teräsrakenteiden palonsuojamaalauksen dokumentointi on tärkeä osa maalausprojektiä. Palonsuojamaalauksessa käytetään kahta pöytäkirjaa, jotka ovat vastaanottopöytäkirja ja mittauspöytäkirja. Vastaanottopöytäkirjaan merkitään muun muassa tiedot maalausolosuhteista, kuivumisajoista ja työn tekijä. Mittauspöytäkirjaan tulee sisältää mittaustulokset ja tiedot mittauskohdista. Mittauspöytäkirja liitetään vastaanottopöytäkirjaan. Muita asiakirjoja palonsuojamaalauksessa ovat palonsuojamaalaussuunnitelma, teräsrakenteen pakkaus- ja kuljetusohje sekä miten maalattu rakenne merkitään. [9, s. 7.]

Teräsrakenneyhdistyksen laatima mallipohja vastaanotto- ja mittauspöytäkirjasta manuaaliseen mittaukseen löytyvät liitteenä (liite 3).

5.4 Palonsuojamaalarin eettiset ohjeet

Hyväksytysti teräsrakenteiden palonsuojamaalarin koulutuksen suorittaneet henkilöt sitoutuvat työssään noudattamaan teräsrakenneyhdistyksen laatimia eettisiä ohjeita. Ohjeiden laiminlyönti voi johtaa erottamiseen päteväksi todettujen palonsuojamaalareiden

rekisteristä. Eettisten ohjeiden mukaan pätevä palonsuojamaalari sitoutuu hyvän rakentamistavan mukaiseen toimintaan, korkeisiin ammatillisiin vaatimuksiin ja rehellisyyteen. Palonsuojamaalaustyössä maalari voi tarjota tilaajalle sekä yhteiskunnalle erityistä tietoa, taitoa ja osaamista, jotka ovat välttämättömiä kehitettäessä laadukasta ja turvallista kestävän kehityksen mukaista rakentamisajattelumallia.[25]

Oheisessa luettelossa on teräsrakenneyhdistyksen laatimat eettiset periaatteet palonsuojamaalareille:

1. Yhteiskuntasuhde

- Tiedostaa toimintansa yhteiskunnalliset ja ympäristölliset vaikutukset.
- Pyrkii toiminnallaan parantamaan rakentamisen ja ympäristön laatua.
- Edistää työssään ja ratkaisuissaan hyvän ja turvallisen rakentamis- ja elinympäristön ylläpitoa ja kehittämistä.

2. Ammatilliset velvoitteet

- Toimii työssään huolellisesti, ahkerasti ja parhaalla mahdollisella ammattitaidolla ottaen huomioon käyttäjän ja tilaajan tarpeet ja tavoitteet suunnitelmia noudattaen.
- Varmistaa ennen tehtävän vastaanottamista, että hänellä on käytettävissään toimeksiannonsuorittamiseen riittävät tiedot ja taidot.
- Informoi esimiestään ja/tai tilaajaa huomaamistaan puutteista ja epäkohdista.
- Ylläpitää ja kehittää ammattitaitoaan.

3. Velvoitteet tilaajaa kohtaan

- Varmistaa, ettei ota tehtäväkseen sellaisia toimeksiantoja, joiden suhteen hän on epäpätevä.
- Toteuttaa toimeksiantoon liittyvät tehtävät luotettavasti, vastuuntuntoisesti ja vuorovaikutteisesti.
- Ei luovuta toimeksiantoon liittyviä luottamuksellisia tietoja ulkopuolisille.

- Tiedottaa esimiehelle ja/tai tilaajalle kaikista toimeksiantoon liittyvistä ris-tiriidoista ja antaa esimiehelle ja/tai tilaajalle kaiken toimeksiantoon liitty-vän tarvittavan tiedon.

4. Kollega- ja työyhteisösuhte

- Arvostaa ja auttaa työtovereitaan sekä toimii yhteistyössä heidän kans-saan. [25]

5.5 Koulutuksessa käytettävät laitteet ja maalit

Koulutukseen kuuluvassa maalausnäytössä kappale maalataan Graco Mark V korkea-paineruiskulla (kuva 11), joka on tarkoitettu käytettäväksi palonsuojamaaleille ja hienota-soitteiden ruiskuttamiseen. [26]



Kuva 11. Maalausnäytössä käytettävä korkeapaineruisku Graco Mark V. [26]

Maalina on Hempel Hempacore AQ 48860 vesiohenteinen yksikomponenttinen palon-suojamaali. Maali ei sisällä haihtuvia orgaanisia liuotteita (VOC), ja tuotetta voidaan käyt-tää sekä konepajamaalauksessa että rakennustyömaalla. Tuote soveltuu erilaisille te-räsrakenteille sisätiloissa, se on testattu ja hyväksytty EN 13382-8 mukaan 90 minuutin palonsuojaukseen. Tuotteella on CE-merkintä: European Technical Assessment ETA 13/1051, ETAG018 Part 2 mukaan. [27]

Kalvonpaksuusmittarina työssä käytetään Positektor -6000-kuivakalvonpaksuusmittaria ja sillä voidaan mitata kaikkia metalleja. Mittari hyödyntää magneettisia ja pyörrevirtape-
riaatteita metallien pinnoitteiden mittaamiseen. Mittari on yhdistetty älylaitteeseen Posi-
tektor Smartlink –sovelluksen avulla, jolloin laite muodostaa automaattisesti PDF-mit-
tauspöytäkirjan ja antaa raportteja. [28]

6 Työturvallisuus

6.1 Työturvallisuus ohjeistus

Valtioneuvosto on antanut asetuksen 205/2009, joka käsittelee rakennustyön turvalli-
suutta rakennusalaalla. Rakennusprojektiin kuuluu useimmiten rakennuttaja, suunnittelija,
työnantaja ja itsenäisen työnsuorittajan. Rakennushankkeessa on jokaisen huolehdit-
tava omalta osaltaan siitä, että työstä ei aiheudu vaaraa työmaalla työskenteleville eikä
muille työn vaikutuspiirissä oleville henkilöille. Pääurakoitsijan on huolehdittava siitä, että
jokainen rakennustyömaalle tuleva henkilö perehdytetään ja opastetaan kyseessä ole-
vaan rakennuskohteeseen. Jokaisella rakennustyömaalla toimivalla henkilöllä on oltava
riittävät tiedot turvallisista toimintatavoista ja että he tuntevat rakennustyömaan vaara- ja
haittatekijät sekä osaavat poistaa niitä tarpeen tullen. Rakennustyömaan vastuut ja kä-
sitteet on selvennetty RT-kortissa 10–1098, Rakennuttajan työturvallisuusvelvoitteet ra-
kennushankkeessa. [29; 30, s. 53–54.]

6.2 Rakennustyömaalla tapahtuva palonsuojamaalaus

Maalaustyö on turvallista, kun käytetään asianmukaisia suojaimia, nostoapuvälineitä ja
huolehditaan riittävästä ilmanvaihdesta. Maalit ovat kemikaaleja, jotka saattavat aiheut-
taa allergisia reaktioita tai ihoärsytystä. Maalien kuivuessa ilmaan haihtuu yhdisteitä,
jotka voivat olla haitallisia.[31] Suurin osa palonsuojamaalauksessa käytetyistä tuotteista
on vesiohenteisia, ja siten ne ovat ympäristö- ja käyttäjäystävällisempiä kuin ennen.
Maalien sisältämät liuotteet saattavat imeytyä verenkiertoon ihon läpi sekä kuivattaa
ihoä. Terve iho suojaa elimistöä haitallisilta aineilta tai bakteereilta paremmin kuin liuot-
teiden kuivattama, joten liuotepitoisia tuotteita ei saisi päästää ihokosketukseen eikä
maalitahroja ei saisi poistaa iholta liuotteiden avulla. [22]



Kuva 12. Rakennustyömaalla tarvittavat henkilökohtaiset suojavälineet. [32]

Rakennustyömaalla jokaisen henkilön yltä on löydyttävä kuvan 12 mukaiset suojavälineet. Mikäli teräsrakenteita täytyy välihioida, hiontapölyltä on hyvä suojautua pölylle tarkoitettulla hengityssuojaimella. Ne eivät kuitenkaan suojaa maalausvaiheessa liuotteilta. Liuotinpitoisia tuotteita käytettäessä maalarin tulee käyttää hengityssuojaimena aktiivihiihtäjäsuodattimella. Ruiskumaalauksessa on aina käytettävä asianmukaista hengityssuojainta, siinäkin tapauksessa että tuote olisi vesiohenteinen. Kaikissa suojaimissa on lisäksi oltava CE-merkintä. [22]

6.3 Konepajalla tapahtuva palonsuojamaalaus

Konepajamaalaus kuuluu prosesseihin, jossa työn teräs- ja maalaustyön laatua on vaikea arvioida pelkän valmiin maalikalvon perusteella. On tärkeää, että prosessin jokainen vaihe teräsrakenteen valmistuksesta maalaukseen suunnitellaan huolellisesti. Työn aikana ohjataan ja valvotaan kaikkia niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat maalauksen lopputulokseen, sekä tehdään riittävästi välitarkastuksia. Konepajoilla tehtävässä palonsuojamaalauksessa on mahdollisuutta vaikuttaa enemmän tuotteen haluttuihin ominaisuuksiin kuin rakennustyömaalla, esimerkiksi maalausolosuhteiden hallinta on helpompaa. [33]

Työturvallisuus konepajoilla noudattelee samaa linjaa kuin rakennustyömailla. Työssä käytetään aina asiaan kuuluvia suojavaatteita. Teräsrakenteiden siirto puolestaan poikkeaa, sillä rakennustyömaalla rakenteet ovat lopullisessa tilassaan ja konepajoilla rakenteita joudutaan siirtelemään. Siirtely aiheuttaa maalikalvoihin vaurioita, jotka vaurion koosta riippuen korjataan maalausjärjestelmän tuotteilla. Siirtotaakan alle ei missään tapauksessa saa mennä. [33]

6.4 Korkea työskenteleminen

Putoamistapaturmat ovat valitettavan yleisiä rakennusalalla. Jo matalalta putoaminen voi johtaa vakaviin vammoihin, puhumattakaan korkealta putoamiselta. Rakennusalalla putoaminen on yleisin syy kuolemaan johtavissa tapaturmissa. Palonsuojamaalauksista suoritettaessa rakennustyömaalla ollaan yleisesti työskentelemässä korkealla, jolloin putoamiseen liittyvät riskit on tunnistettava. Putoamisvaarojen torjuminen on otettava huomioon työtä tehdessä, oikeassa asennoitumisessa ja toimintatavoissa. Putoamisvaaraan voi minimoida tunnistamalla vaarat, suunnitella tehtävä työ hyvin ja riittävän tehokkaalla valvonnalla. [34]

6.4.1 Henkilönostimet

Henkilönostimia on monta erilaista tyyppiä. Nostin voi olla nivelpuominen, teleskooppi-nen, saksilavatyyppinen tai nostomastolla varustettu hissimäinen nostojen apuna käytettävä laite. Henkilönostimella ei saa kuljettaa enempää tavaraa kuin työ edellyttää kuitenkin niin, että pysytään nostimen suurimman nostokuorman rajoissa.. Nostimen voimalllähteenä voi olla sähkövirta, akku tai polttomoottori. Nostimia on itsekulkevia ja perässä vedettäviä malleja. Nostinta voidaan ohjata sekä jalustasta että korista käsin. Joitain malleja voidaan ajaa nostokori ylhäällä, lisäksi nostokorista löytyy vakiolisälaitteena sähköpistorasia. [35]

Henkilönostimelle tehtävät tarkastukset

- käyttötarkoitukseen sopivuus
- käyttöönottotarkastus työmaalla
- pystytystarkastus suoritetaan työmaalla (työmaan työnjohto) ja määräaikaistarkastus vähintään kerran vuodessa (hyväksytty asiantuntija)

- laitteen käyttäjän on suoritettava tarkastus työmaalla kerran viikossa
- päivittäin suoritettavat tarkastukset ovat hydraulikka, sähköliitäntäjohdot, hitsaus ynnä muut liitokset, nivelet ja tukijalat. [35]

Henkilönostosuunnittelu on osa työmaan työturvallisuussuunnittelua. Laadittavassa henkilönostosuunnitelmassa tulee olla nostimille tehtävät tarkastukset ja ne kohteet, joihin nostinta työmaalla tarvitaan. Suunnittelun tarkoituksena on varmistaa, että käytettävät henkilönostimet täyttävät nostolaitteille asetetut määräykset ja säädökset. Ennen henkilönostimen käyttöä on varmistettava, että nostin on rakenteellisesti kunnossa, työskentelyalusta on tasainen, maapohjan kantavuus säilyy, tukijalat ovat tuenta-asennossa ja hallinta- ja turvalaitteet toimivat. Työmaalta tulee löytyä kunkin henkilönostimen käyttöohjeet ja työnjohdon on varmistettava, että nostintyötä tekevät työntekijät ovat perehdytetty henkilönostimen turvalliseen käyttöön. Koneen kuljettajalla täytyy olla lupa henkilönostoihin. Henkilönostinta ei saa ajaa yli rajakatkaisimen salliman alueen, eikä sitä saa ylikuormittaa. Nostinta on siirrettävä työn etenemisen mukaan, kurkottelua ja tikkaiden käyttöä nostokorissa on ehdottomasti pyrittävä välttämään. [35]

6.4.2 Työpukit ja – tasot

Työpukkia käytetään työalustana silloin, kun tarvitaan pientä ulottuvuuden lisäystä sekä paljon työalustan siirtelyä. Työpukin maksimikorkeus on kaksi metriä. Yli 0,5 metrin korkeiset työpukit on varustettava kiinteillä vaakatasossa olevilla askelmilla. Työpukin ollessa alle metrin korkuinen tulee työtason olla vähintään 30 cm:n levyinen. Kun työpukin korkeus on 1–2 metrin välillä, työtason leveyden on oltava vähintään 40 cm. Käytön aikana tulee tarkkailla työpukin kuntoa, vakavuutta, työtason sijaintia ja kiinnipysyvyyttä. Työpukkia saa käyttää ainoastaan sellaisissa töissä, joissa siihen ei kohdistu suuria vaakasuuntaisia voimia. [36]

Työtasolla tarkoitetaan työtelineen runkoon kiinnitettyä, muihin rakenneosiin tai muiden rakenteiden varaan asennettua työskentelyalustaa. Työtasoja käytetään korkealla tehtävissä töissä, tasojen tulee olla käyttötarkoitukseen sopivia, turvallisia ja riittävän leveitä. Työtason tulee olla vaakasuorassa ja riittävän lujarakenteinen, taso ei saa kuormituksen vaikutuksesta siirtyä tai nousta irti alustastaan. Työtasoilla työskennellessä on lisäksi huomioitava, että tason pinta ei saa olla liukas, taso ei saa taipua haitallisesti kuorman vaikutuksesta eikä tasossa saa olla kompastumisvaaraa aiheuttavia tekijöitä. [36]

7 Kustannuslaskentaesimerkki

Palonsuojamaalausjärjestelmän kustannukset ovat paljon suuremmat kuin normaalin metallimaalausjärjestelmän kustannukset. Maalauskustannukset koostuvat maalattavan pinnan esikäsittelystä, maalien hinnasta, maaliseosten kuiva-ainepitoisuudesta, kuivakalvon paksuudesta ja työkustannuksesta. Laskuesimerkeissä on laskettu neliökohtainen teoreettinen hinta pohja- ja pintamaalijärjestelmälle, pohja- ja pintamaalijärjestelmä 40 %:n ohiruiskutuksella, palonsuojamaalijärjestelmälle, palonsuojamaalausjärjestelmä palonsuojamaalin 40 %:n ohiruiskutuksella ja palonsuojamaalausjärjestelmä palonsuojamaalin 60 %:n ohiruiskutuksella.

- Maalin riittoisuus ja kustannus

$$\text{Teoreettinen riittoisuus (m}^2\text{/litra)} = \frac{\text{kuiva-ainepitoisuus (\%)} \times 10}{\text{kuivakalvon paksuus } (\mu\text{m})}$$

$$\text{Käytännön riittoisuus (m}^2\text{/litra)} = \frac{\text{kuiva-ainepitoisuus (\%)} \times 10 \times (1 - \text{ohiruiskutus})}{\text{kuivakalvon paksuus } (\mu\text{m})}$$

- Maalin kustannus (€/m²) = $\frac{\text{maalinhinta (€/litra)}}{\text{riittoisuus } (\frac{\text{m}^2}{\text{litra}})}$

$$\text{Teoreettinen riittoisuus (€/m}^2\text{)} = \frac{\text{maalinhinta } (\frac{\text{€}}{\text{litra}}) \times \text{kuivakalvon paksuus } (\mu\text{m})}{\text{kuiva-ainepitoisuus (\%)} \times 10}$$

$$\text{Teoreettinen riittoisuus (€/m}^2\text{)} = \frac{\text{maalinhinta } (\frac{\text{€}}{\text{litra}}) \times \text{kuivakalvon paksuus } (\mu\text{m})}{\text{kuiva-ainepitoisuus (\%)} \times 10 \times (1 - \text{ohiruiskutus})}$$

Kaikki taulukoissa annetut hinnat ovat ALV 0 % hintoja.

Taulukko 1. Työkustannusten hinnat.

Työvaihe	Pesu	Suihkupuhdistus	Maalaustyö kustannus yhdellä maalauskeralla
Hinta € / m ²	3	10	3

Taulukko 2. Maalien hinnat.

Maali	Pohjamaali Hema- dur-primer	Pintamaali Hempat- hene 5521	Palonsuojamaali Hem- pacore Aqua 48860
Hinta € / L	4,88	6,35	8,65

Esimerkki 1

Teräsrakenteen korroosionestomaalaus käsittely. Sisältää pesun, suihkupuuhdistuksen, pohjamaalauksen ja pintamaalauksen. Lasku on pesu + suihkupuuhdistus + 2 x maalaustyö + maalien osuus (40 µm / kerros).

$$\rightarrow 3 + 10 + 2 \times 3 + \frac{4,88 \times 40 \mu m}{51 \% \times 10} + \frac{6,35 \times 40 \mu m}{51 \% \times 10} = 3 + 10 + 6 + 0,88 = \mathbf{19,88 \text{ €/m}^2}$$

Lisätään 40 % ohiruiskutus kumpaankin maalauskertaan.

$$\rightarrow 3 + 10 + 2 \times 3 + \frac{4,88 \times 40 \mu m}{51 \% \times 10 \times 0,6} + \frac{6,35 \times 40 \mu m}{51 \% \times 10 \times 0,6} = 3 + 10 + 6 + 1,47 = \mathbf{21,35 \text{ €/m}^2}$$

Esimerkki 2

Teräsrakenteen palonsuojamaalaus käsittely. Sisältää pesun, suihkupuuhdistuksen, pohjamaalauksen, palonsuojamaalauksen ja pintamaalauksen. Lasku on pesu + suihkupuuhdistus + 3 x maalaustyö + maalien osuus (40 µm/kerros ja palonsuojamaali 840 µm).

$$\rightarrow 3 + 10 + 3 \times 3 + \frac{4,88 \times 40 \mu m}{51 \% \times 10} + \frac{6,35 \times 40 \mu m}{51 \% \times 10} + \frac{8,65 \times 840 \mu m}{67 \% \times 10} = 3 + 10 + 9 + 0,88 + 10,84 = \mathbf{33,73 \text{ €/m}^2}$$

Lisätään 40 %:n ohiruiskutus jokaiseen maalauskertaan.

$$\rightarrow 3 + 10 + 3 \times 3 + \frac{4,88 \times 40 \mu m}{51 \% \times 10 \times 0,6} + \frac{6,35 \times 40 \mu m}{51 \% \times 10 \times 0,6} + \frac{8,65 \times 840 \mu m}{67 \% \times 10 \times 0,6} = 3 + 10 + 9 + 1,47 + 18,07 = \mathbf{41,54 \text{ €/m}^2}$$

Lisätään 60 %:n ohiruiskutus jokaiseen maalauskertaan.

$$\rightarrow 3 + 10 + 3 \times 3 + \frac{4,88 \times 40 \mu m}{51 \% \times 10 \times 0,4} + \frac{6,35 \times 40 \mu m}{51 \% \times 10 \times 0,4} + \frac{8,65 \times 840 \mu m}{67 \% \times 10 \times 0,4} = 3 + 10 + 9 + 2,20 + 27,11 = \mathbf{51,31 \text{ €/m}^2}$$

Taulukko 3. Taulukossa on esitetty erilaisten maalausjärjestelmien kustannusvertailu.

Menetelmä	Pohja + Pinta	Pohja + Pinta + 40%	Pohja + Pinta + Palo	Pohja + Pinta + Palo 40%	Pohja + Pinta + Palo 60%
Hinta € / m ²	19,88	21,35	33,73	41,54	51,31
%	100	107	170	209	258
%	59	63	100	123	152

Taulukon 3 laskentatuloksista voidaan päätellä, että ammattitaitoisella maalarilla on hyvin suuri merkitys maalauskustannuksiin. Ohiruiskutuksen minimoinnilla päästään laskennallisesti optimaalisiin tuloksiin ja myös kustannussäästöjä saadaan, mikäli haluttuun kuivakalvonpaksuuteen päästään vähemmillä maalauserroilla. Karkeasti voidaan määritellä, että teräsrakenteiden palonsuojamaalaus on kaksinkertaisesti arvokkaampaa kuin samanlaisen teräsrakenteen maalaus pelkällä korroosionestomaalauskäsittelyllä.

8 Kappaleen maalaus ja pinnoitepaksuusjakauma

8.1 Kappaleen maalaus

Laboratorio-osuutena rakennettiin kattorakenteen osaa muistuttava kappale (kuva 13). Kappaleen koko on 70 mm x 70 mm ja seinämävahvuus 4 mm. Maalausolosuhteet laboratoriossa olivat lämpötila 21,4 °C, ilman suhteellinen kosteus 17,4 %, tällöin kastepisteeksi muodostuu -4,6 °C.



Kuva 13. Laboratoriossa korkeapaineruiskulla maalattu teräskappale.

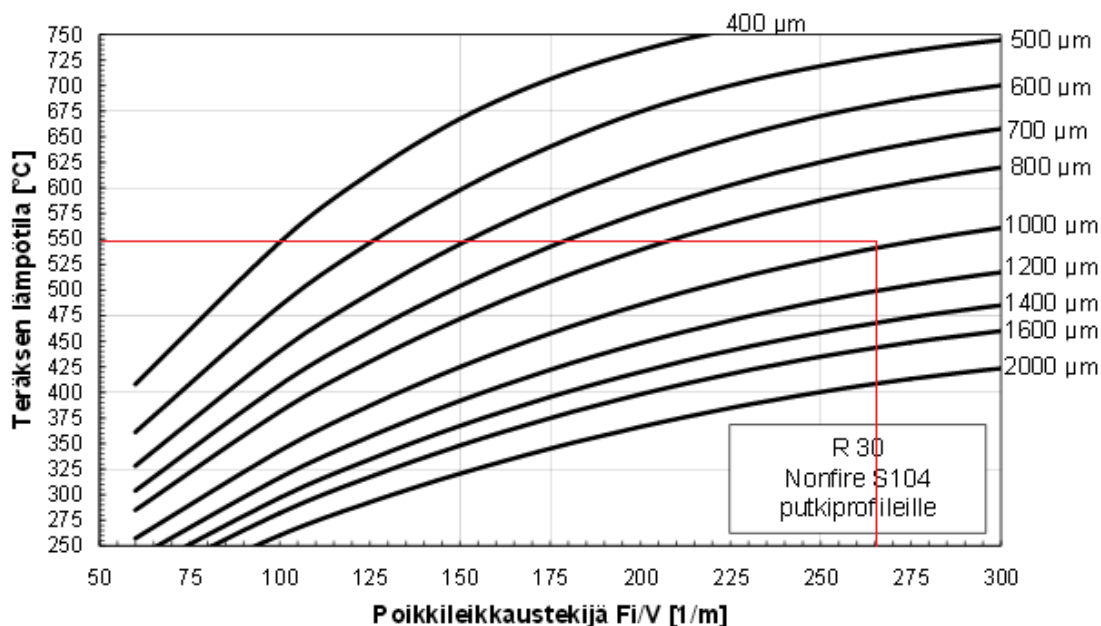
Kappaleen poikkileikkaustekijä F/V saadaan kaavasta kappaleen piiri/pinta-alalla.

$$\text{Piiri} = 70 + 70 + 70 + 70 = 280 \text{ mm} = 0,280 \text{ m}$$

$$\text{Pinta-ala} = 70 \times 70 - 62 \times 62 = 1056 \text{ mm}^2 = 0,001056 \text{ m}^2$$

$$F/V = 0,280 \text{ m} / 0,001056 \text{ m}^2 = 265,1515 \text{ 1/m} = \mathbf{265,15 \text{ 1/m}}$$

Taulukkoarvo kyseisellä teräsprofiililla on 261 1/m. Pieni ero johtuu todennäköisesti kulmien pyöristyksistä.



Kuva 14. Palonsuojamaalin Nonfire S 104 poikkileikkaustekijä-lämpötilakuvaaja.

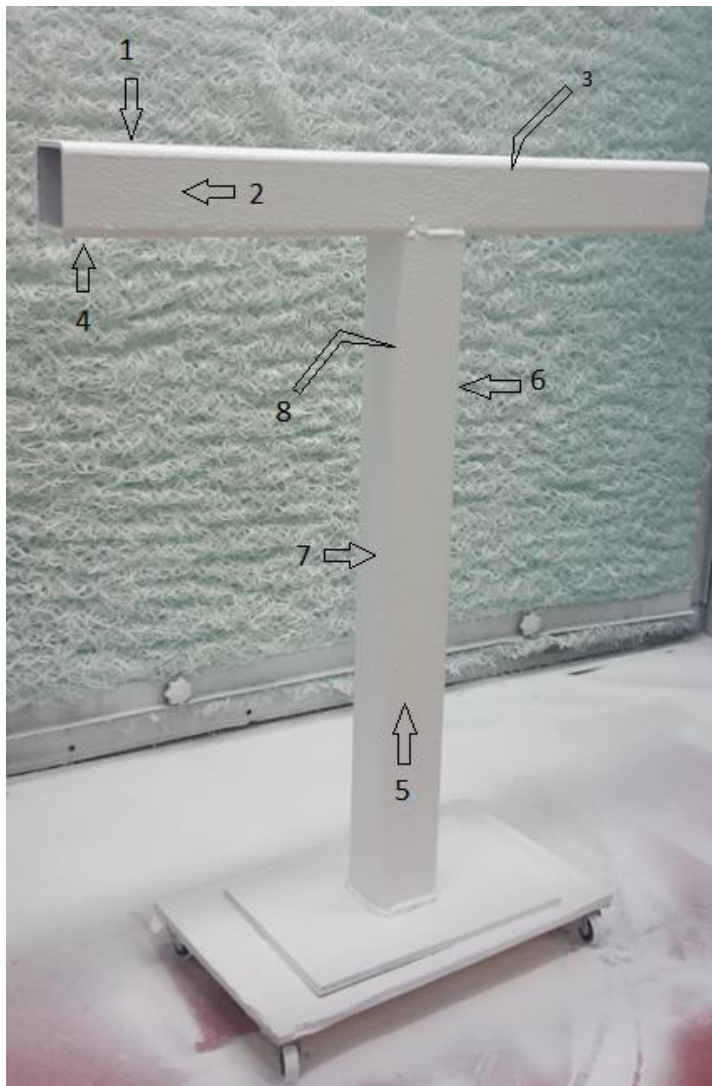
Kuvasta 14 saadaan palonsuojamaalin vaadittu kalvonpaksuus 1000 μm , lämpötilan ollessa 550 $^{\circ}\text{C}$. Palonsuojamaaliksi valikoitui Tikkurilan Nonfire S 104, koska koulutuksessa käytettävää palonsuojamaalia ei ollut testausaikataulun puitteissa saatavilla. Teräsraakenne suihkupuhdistettiin suihkupuhdistusasteeseen Sa 2½ ja pohjamaalattiin maalausjärjestelmään sopivalla Tikkurilan Temaprime EUR liuotinhenteisellä pohjamaalilla. Märkäkalvoa kappaleessa oli 75–100 μm ja kuivakalvoa 50–65 μm pohjamaalauksen jälkeen.

Palonsuojamaalauksessa vaadittu korkeapaineruiskun teho täytyy olla todella iso ja tuoton on oltava vähintään 4 l/min. Laboratoriossa olevassa paineilmalla toimivassa Wagner cobra ruiskussa tuotto oli 2 l/min. Tämän takia palonsuojamaalia jouduttiin ohentamaan 20 %, että maalia saatiin tulemaan ruiskusta läpi. Näin iso palonsuojamaalin ohentaminen ei ole suotavaa maalin valmistajan ohjeiden mukaan. Koulutuksessa käytettävää Hempelin Hempacore-palonsuojamaalia voidaan ohentaa vedellä tarpeen vaatiessa 0–5 %. [37]

Palonsuojamaalin ohentamisen vuoksi riittävään kalvonpaksuuteen vaadittiin neljä maalauskertaa. Märkäkalvon paksuus oli noin 400–600 μm jokaisella maalauskerralla.

8.2 Pinnoitepaksuusjakauma

Kappaleen maalauksen jälkeen tehtiin kuivakalvon mittaukset. Mittaukset suoritettiin Elcometer 345 F Stats-kuivakalvonpaksuusmittarilla.



Kuva 15. Kuvassa numeroidut mittauspinnat.

Taulukko 4. Mittaustulokset

	Mittaus- pinta			
Mittaus lkm	1	2	3	4

1	1112	1254	1211	778
2	1270	1128	1290	928
3	1295	1289	1237	772
4	1260	1279	1263	947
5	1192	1270	1279	636
6	1251	1245	1208	885
7	1202	1099	1291	901
8	1183	1256	1143	943
9	1182	1277	1167	972
10	1198	1166	1201	910
Keskiarvo	1214,5	1226,3	1229	867,2
Miinus pohja- maali	1154,9	1166,7	1169,4	807,6

Taulukko 5. Mittaustulokset

	Mittauspinta				
Mittaus lkm	5	6	7	8	Kulmat ja nurkat
1	1172	1037	1014	1250	1245
2	1107	1063	1015	1188	1282
3	1230	1105	1114	1166	977
4	1204	1027	1277	1079	790
5	1138	967	944	1130	1244
6	954	1038	965	1036	1241
7	1126	972	969	896	1161
8	910	1148	1031	1250	885
9	1262	1008	1125	1198	992
10	1120	966	1159	844	1172
Keskiarvo	1122,3	1033,1	1061,3	1103,7	1098,9
Miinus pohja- maali	1062,7	973,5	1001,7	1044,1	1039,3

Taulukoissa 5 ja 6 olevista mittaustuloksista havaitaan, että palonsuojamaalin vaadittu pinnoitepaksuus jää tavoitearvosta 1000 µm kahdella mittauspinnalla. Tästä voidaan päätellä, että maalaustyön tekijän on oltava erityisen tarkkana maalauksen aikana ja seurattava riittävästi märkämaalipaksuutta työn edetessä. Erityishuomiota maalarin kannattaa kiinnittää haasteellisiin paikkoihin, kuten nurkkiin ja kulmiin sekä pintojen alapuolisiin osuuksiin. Korjaustoimenpiteenä tulisi vielä kahdelle pinnalle levittää yksi kerros palonsuojamaalia, niin että tavoitearvo täyttyisi. Muuten mitatut tulokset ovat hyviä, noin

100–200 µm yli vaaditun pinnoitepaksuuden. Tämä ylitys ei vielä vaikuta urakan kokonaiskustannuksiin siinä määrin, että tarvitsisi vähentää kuivakalvonpaksuutta.

9 Pohdintaa

Tässä insinööriyössä tehtiin materiaali teräsrakenteiden palonsuojamaalarin pätevytymiskoulutukseen. Koulutusmateriaalin teko työn pohjalta kävi vaivattomasti, ja suurin haaste oli löytää viimeisintä tietoa palonsuojamaalaukseen liittyvissä säännöissä ja määräyksissä, sillä rakennusmääräyksiä ollaan parhaillaan päivittämässä EU-määräysten mukaisiksi. Kirjallisuuslähteitä löytyi muutamia, mutta ne olivat pääsääntöisesti vanhoja, joten hyvin pitkälle materiaali on etsitty erilaisia verkkodokumentteja hyödyntäen.

Testausosiossa maalatun kappaleen pinnoitepaksuusjakauma osoittaa, että maalaustyön tekijän on oltava kaiken aikaa tietoinen siitä, miten paksu märkäkalvo kappaleeseen tulee. Pinnoitteen kuivakalvoa on myös seurattava eri maalauskerrojen välissä ja merkittävät tiedot vaaditulla tavalla. Ammattitaitoisella maalarilla voidaan parhaimmassa tapauksessa säästää yksi tai useampi maalauskerro teräskappaleelle, mikä puolestaan vaikuttaa jo urakan kokonaiskustannuksiin huomattavasti.

Palonsuojamaalarin pätevytymiskoulutusta olisi tulevaisuudessa hyvä pitää myös kunnallisella tasolla toimiville viranomaisille ja palonsuojamaalaustarkastajille. Tällöin he osaisivat vaatia päteviä palonsuojamaalareita teräsrakenteiden palonsuojamaalaustyön suorittajiksi. Tämä puolestaan lisäisi yritysten halua kouluttaa lisää päteviä palonsuojamaalareita ja sitä kautta koulutuksiin saadaan riittävästi koulutettavia myös jatkossa. Tulevaisuuden koulutuksia silmällä pitäen, on hyvä tarkastella materiaalin ajantasaisuutta ja päivittää koulutusmateriaalia sen mukaan, kun uusia ohjeistuksia EU:n tai kansalliselta suunnalta tulee.

Lähteet





- 1 Paroc, palo- ja äänikirja. 2015. Paroc Group Oy. Verkkodokumentti. <http://www.paroc.fi/kampanjat/paroc-palo-ja-aanikirja?sc_lang=fi-FI>. 8.5.2015. Luettu 14.12.2015.
- 2 Yli-Pentti Arto. 2015. Rakenteiden palonsuojaus osa 1. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 3 Paroc. 2016. Tulipalon vaiheet. Verkkodokumentti. <http://www.paroc.fi/known-how/palo/yleista-tietoa-paloista-?sc_lang=fi-FI>. 2016. Luettu 14.12.2015.
- 4 Yli-Pentti Arto. 2015. Rakenteiden palonsuojaus osa 2. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 5 Gyproc. 2011. Standardipalokäyrä. Verkkodokumentti. <<http://www.gyproc.fi/suunnittelu/palosivusto/tulipalot/standardipalo>>. 21.11.2011. Luettu 14.12.2015
- 6 Iso-Mustajärvi Pertti, Inha Timo. 1999. Kantavien teräsrakenteiden palonsuojaus. Teräsrakenneyhdistys R.Y. Tampere. Rakennustieto Oy.
- 7 Yli-Pentti Arto. 2015. Rakenteiden palonsuojaus osa 3. Luentomoniste. Metropolia ammattikorkeakoulu.
- 8 VMP Fireproof coatings. 2013. Palonsuojamaalin toiminta. Verkkodokumentti. <<http://vmp-holding.com/proplamkor/>>. 2013. Luettu 12.1.2016.
- 9 Teräsrakenneyhdistys r.y. 2007. Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus 2007. Verkkodokumentti. <http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/236/81bd049/TRY_Terasrakenteiden_palonsuojamaalaus_2007.pdf>. 2007. Luettu 14.12.2015.
- 10 Soininen Raimo. 2006 Rakenteiden palonsuojaus. Materiaali- ja pintakäsittelytekniikan julkaisuja No7. 2006 EVTEK.
- 11 Lining and coating services. 2012. Verkkodokumentti. <<http://liningandcoatings-service.com/images/fire-proof-coating.png>>. 2012. Luettu 12.1.2016.
- 12 Ympäristöministeriö. 2014. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Verkkodokumentti. <http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma>. 1.10.2014. Luettu 12.12.2015.





- 13 E1 Suomen Rakentamismääräyskokoelma. 2011. Verkkodokumentti. <http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf>. 6.4.2011. Luettu 15.12.2015.
- 14 ISO (International Organization for Standardization).2005. Standardi. Eurokoodi 3 EN 1993-1-2. 15.8.2005. Luettu 16.12.2015.
- 15 Ympäristöministeriö. 2013. Rakennustuotteiden tuotehyväksyntä. Verkkodokumentti. < http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta>. 13.8.2013. Luettu 14.12.2015.
- 16 Ympäristöministeriö. 2013. CE-merkintä. Verkkodokumentti. < http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/CEmerkinta>. 13.8.2013. Luettu 12.12.2015.
- 17 Ympäristöministeriö. 2013. Varmennustodistus. Verkkodokumentti. <http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/Kansalliset_hyvaksyntamenettelyt/Varmennustodistus>. 12.6.2013. Luettu 12.12.2015
- 18 Kilpinen Juha. 2015. Rakenteiden palonsuojaus. Palonsuojamaalien CE-merkintä. Luentomoniste.2015. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 19 Tukes. 2013. Käyttöturvallisuustiedote. Verkkodokumentti. <<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kayttoturvallisuustiedote/>>. 2013. Luettu 11.1.2016.
- 20 Tukes. 2013. REACH-asetus. Verkkodokumentti. <<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Teollisuus--ja-kuluttajakemikaalit/REACH---asetus/>>. 2013. Luettu 11.1.2016.
- 21 RunkoRYL. 2010. Talonrakennuksen runkotyöt. 10.1.2011. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 22 Tikkurila Oyj . 2015. Maalarin turvallisuus. Verkkodokumentti. <http://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/tuotteet/tuoteartikkelit/maalarin_turvallisuus>. 2015. Luettu 18.12.2015
- 23 Ollikainen Pasi. 2015. Kokouskeskustelu. Koulutuskeskus Amiedu. Helsinki. 1.12.2015.
- 24 Laitinen Kai. 2014. Korroosionestomaalaus 1. Maalaustarkastus 2. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.



- 25 Teräsrakenneyhdistys r.y. 2007. Palonsuojamaalarin eettiset ohjeet. Verkkodokumentti. <<http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/252/1b978bd/eettisetohjeetpalonsuojamaalareille070918.pdf>>. 18.9.2007. Luettu 18.12.2015.
- 26 Graco. 2016. Korkeapaineruisku Mark V. Verkkodokumentti. <<http://www.graco.com/us/en/products/contractor/texspray-mark-v.html>>. 2016. Luettu 8.2.2016.
- 27 Hempel. 2015. Tuoteseloste Hempacore AQ 48860. 10.9.2015. Luettu 8.2.2016.
- 28 Positektor smartlink. 2013. Tuotesite. Verkkodokumentti. <<http://www.nestori-tuote.fi/index.php/mittalaitteet/positector-smart-link.html>>. 2013. Luettu 9.2.2016.
- 29 Finlex. 2009. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. Verkkodokumentti.<<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>> 26.3.2009. Luettu 17.12.2015.
- 30 Yli-Pentti Arto. 2015. Rakennuspinnoituksen työmaakäytännöt. Osa 1. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 31 Tikkurila Oyj. 2015. Maalaustyön turvallisuus. Verkkodokumentti. <http://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/tuotteet/tuoteartikkelit/maalaustyon_turvallisuus>. 2015. Luettu 18.12.2015
- 32 Elenia. 2011. Kuva henkilökohtaisista suojaimista. Verkkodokumentti. <https://www.elenia.fi/sites/www.elenia.fi/files/henkilokohtaiset_suojaimet.png>. 2011. Luettu 17.12.2015.
- 33 Teräsrakenneyhdistys r.y.2014. Konepajamaalaustyön laatuvaatimukset ja niihin liittyvät tarkastukset. Verkkodokumentti. <http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/145/ae17e7d/2014_04_Konepajamaalauksen_laatuvaatimukset_ja_niihin_liittyvat.pdf>.10.4.2014. Luettu 18.12.2015.
- 34 Skanska.2011. Korkealla työskentely ja putoamissuojaus. Verkkodokumentti. <http://www.skanska.fi/cdn-1d045198d7b1eab/Global/Tietoa_Skanskasta/Downloads/Korkealla-tyoskentely-ja-putoamissuojaus.pdf>. 2011. Luettu 11.1.2016.
- 35 Työterveyslaitos. 2011. Henkilönostimet. Verkkodokumentti. <http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/koneet_laitteet/henkilonostimet/Sivut/default.aspx>. 15.12.2011. Luettu 11.1.2016.
- 36 Työterveyslaitos. 2009. Työpukit ja pukkitelineet. Verkkodokumentti. <<http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/putoamissuojaus/pukit/Sivut/default.aspx>>. 9.9.2010. Luettu 11.1.2016.







37 Talvela Jarmo. 2016. Puhelinkeskustelu. JAPE-tuote TINTEX Oy. 23.3.2016.









Teräsrakenteiden HEA-, HEB-, HEM-, IPE-, INP-palkkien sekä erilaisten ne-
liö-, suorakaide- ja pyöröprofiilien F/V arvot.

HEA			HEB		
					
	F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)		F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)
100	264,8	217,6	100	218,2	179,8
120	267,7	220,3	120	201,9	166,6
140	253,0	208,4	140	187,3	154,7
160	233,6	192,3	160	169,1	139,6
180	226,1	186,4	180	158,8	131,3
200	211,2	174,0	200	147,4	121,8
220	195,2	161,0	220	139,6	115,4
240	178,2	147,0	240	130,6	107,9
260	170,9	141,0	260	126,6	104,6
280	164,7	136,0	280	123,1	101,8
300	152,6	125,9	300	116,1	96,0
320	141,1	117,0	320	109,8	91,2
340	134,4	112,0	340	105,9	88,3
360	128,4	107,4	360	102,4	85,8
400	120,2	101,4	400	97,4	82,2
450	113,0	96,1	450	92,9	79,2
500	106,8	91,6	500	89,0	76,5
550	104,3	90,1	550	87,5	75,7
600	101,9	88,6	600	86,0	74,9
650	99,6	87,2	650	84,6	74,1
700	96,1	84,6	700	82,2	72,4
800	94,4	83,9	800	81,2	72,2
900	90,4	81,0	900	78,4	70,3
1000	89,3	80,6	1000	77,8	70,3

HEM			INP		
	F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)		F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)
100	116,4	96,5	80	408,4	353,0
120	111,2	92,2	100	357,2	310,0
140	106,4	88,3	120	315,3	274,5
160	99,9	82,8	140	282,5	246,4
180	95,7	79,3	160	257,0	224,6
200	91,6	75,9	180	234,9	205,5
220	88,5	73,4	200	216,2	189,4
240	73,1	60,7	220	200,4	175,6
260	71,7	59,5	240	187,1	164,2
280	70,5	58,5	260	173,7	152,5
300	60,4	50,2	280	161,7	142,2
320	59,8	49,9	300	151,8	133,7
340	60,2	50,4	320	142,6	125,8
360	60,7	51,0	340	134,8	119,0
400	61,5	52,1	360	126,7	112,0
450	62,5	53,3	380	120,7	106,7
500	63,4	54,5	400	114,6	101,4
550	64,3	55,7	425	108,3	95,9
600	65,2	56,8	450	102,3	90,7
650	66,0	57,9	475	97,0	86,1
700	66,8	58,9	500	91,9	81,6
800	67,9	60,4	550	84,9	75,5
900	69,3	62,1	600	77,1	68,6
1000	70,8	64,0			

IPE		
	F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)
80	429,1	368,9
100	388,1	334,7
120	360,0	311,5
140	335,7	291,2
160	309,7	268,9
180	292,0	254,0
200	269,5	234,5
220	253,8	220,8
240	235,8	205,1
270	226,8	197,4
300	215,6	187,7
330	200,3	174,8
360	186,1	162,7
400	173,6	152,3
450	162,5	143,2
500	150,3	133,1
550	140,0	124,4
600	129,2	115,1

						
	F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)
40-20-2,0	528,7	451,2	357,8	560,7	487,3	373,8
40-20-2,5	430,2	369,5	292,3	463,3	386,1	308,9
40-20-3,0	364,4	315,1	248,7	398,7	332,2	265,8
50-30-2,0	520,9	430,5	362,5	544,2	442,2	374,1
50-30-2,5	421,8	350,2	294,5	445,7	362,1	306,4
50-30-3,0	355,6	296,6	249,0	380,0	308,8	261,3
50-30-4,0	273,4	230,2	192,8	299,1	243,0	205,6
60-40-2,0	516,4	418,6	365,2	534,8	427,8	374,3
60-40-2,5	417,0	339,2	295,7	435,7	348,6	305,0
60-40-3,0	350,6	288,2	249,3	368,7	295,7	258,8
60-40-4,0	268,0	220,3	191,8	287,8	230,2	201,4
60-40-5,0	219,3	183,4	153,8	245,7	196,6	172,0
70-50-2,5	414,0	332,2	296,4	429,3	339,0	304,1
70-50-3,0	347,5	279,7	249,4	363,1	287,4	257,2
70-50-4,0	264,6	214,2	190,8	280,7	222,2	198,6
70-50-5,0	216,4	177,5	157,7	237,6	188,1	168,3
80-60-2,5	414,0	350,1	278,5	429,3	357,8	280,2
80-60-3,0	347,5	294,6	234,3	363,1	302,6	242,1
80-60-4,0	264,6	225,9	179,1	280,7	233,9	187,1
80-60-5,0	216,4	187,4	147,8	237,6	198,0	158,4
90-50-3,0	345,3	287,9	236,7	358,5	294,5	243,3
90-50-4,0	263,6	220,9	181,3	277,2	227,7	188,1
90-50-5,0	213,7	181,2	148,2	231,4	190,1	157,0
100-50-3,0	344,5	291,1	231,7	356,7	297,3	237,8
100-50-4,0	262,6	223,1	177,2	275,2	229,4	183,5
100-50-5,0	207,9	178,6	141,2	223,9	186,6	149,3
100-60-3,0	243,7	282,9	238,5	355,2	288,6	244,2
100-60-4,0	258,5	214,5	180,6	271,2	220,3	186,4
100-60-5,0	211,7	176,8	148,4	227,0	184,4	156,0
120-60-3,0	342,8	289,1	230,2	352,9	294,1	235,3
120-60-4,0	260,3	220,4	175,3	270,7	225,6	180,5
120-60-5,0	210,3	179,7	142,4	223,8	186,3	149,1
120-60-6,3	169,0	145,4	115,0	182,7	152,3	121,8
120-80-3,0	341,8	276,2	241,1	350,9	280,7	245,6
120-80-4,0	259,2	210,2	183,3	268,5	214,8	187,9
120-80-5,0	209,1	170,9	148,8	221,0	176,6	154,7
120-80-6,3	168,0	138,1	120,0	180,2	144,1	126,1
120-80-8,0	134,4	111,3	96,6	147,1	117,6	102,9
150-100-3,0	340,1	274,2	239,3	347,2	277,8	243,1
150-100-4,0	255,9	206,9	180,6	263,2	210,5	184,2
150-100-5,0	207,2	168,5	148,9	216,5	173,2	151,5
150-100-6,3	166,0	136,6	118,1	175,4	140,4	122,8
150-100-8,0	132,3	108,8	94,6	142,0	113,6	99,4
160-80-4,0	256,2	216,0	172,1	263,7	219,8	175,8
160-80-5,0	207,5	176,1	139,9	217,2	181,0	144,8
160-80-6,3	165,9	141,6	112,3	175,8	146,5	117,2
160-80-8,0	132,6	113,9	90,1	142,9	119,0	96,2
200-100-5,0	205,9	174,1	138,5	213,5	177,9	142,3
200-100-6,3	164,6	139,8	111,1	172,4	143,7	114,9
200-100-8,0	130,8	111,8	88,6	138,9	115,7	92,6
200-100-10,0	105,9	91,0	72,0	114,1	95,1	78,0
250-150-6,3	163,1	134,3	113,2	168,8	137,1	116,0
250-150-8,0	129,3	106,9	90,0	136,1	109,8	92,9
250-150-10,0	104,3	88,0	72,8	110,2	89,5	75,8
250-150-12,5	84,4	70,5	59,2	90,5	73,5	62,2
300-200-6,3	162,2	131,1	114,4	166,7	133,3	116,7
300-200-8,0	128,4	104,1	90,8	133,0	108,4	93,1
300-200-10,0	103,4	84,1	73,3	108,0	86,4	75,6
300-200-12,5	83,7	68,4	59,6	88,5	70,8	61,9
400-200-8,0	127,8	107,8	85,8	131,6	109,6	87,7
400-200-10,0	102,4	86,6	68,9	106,2	88,5	70,8
400-200-12,5	83,1	70,5	56,0	87,0	72,5	58,0

									
	F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)		F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)	F/V F/A (1/m)
25-25-2,0	535,2	411,3	574,7	431,0	100-100-3,0	341,8	258,6	350,9	263,2
25-25-2,5	437,4	338,3	478,5	358,9	100-100-4,0	259,2	196,7	268,5	201,3
					100-100-5,0	209,1	159,8	221,0	165,7
30-30-2,0	528,7	404,5	560,7	420,6	100-100-6,3	168,0	129,0	180,2	135,1
30-30-2,5	430,2	330,9	463,3	347,5	100-100-8,0	133,9	103,6	146,5	109,9
30-30-3,0	364,4	281,9	398,7	299,0					
					120-120-3,0	340,4	257,1	347,8	260,9
40-40-2,0	520,9	396,5	544,2	408,2	120-120-4,0	256,2	194,0	263,7	197,8
40-40-2,5	421,8	322,3	445,7	334,3	120-120-5,0	207,5	158,0	217,2	162,9
40-40-3,0	355,6	272,8	380,0	285,0	120-120-6,3	165,9	126,9	175,8	131,9
40-40-4,0	273,4	211,5	299,1	224,3	120-120-8,0	132,6	102,0	142,9	107,1
50-50-2,0	516,4	391,9	534,8	401,1	150-150-4,0	256,0	193,5	262,0	196,5
50-50-2,5	417,0	317,4	435,7	326,8	150-150-5,0	205,9	156,3	213,5	160,1
50-50-3,0	350,6	267,7	369,7	277,3	150-150-6,3	164,6	125,4	172,4	129,3
50-50-4,0	268,0	205,9	287,8	215,8	150-150-8,0	130,9	100,2	138,9	104,2
50-50-5,0	219,3	171,1	245,7	184,3	150-150-10,0	105,9	81,5	114,1	85,6
60-60-2,5	414,0	314,3	429,3	322,0	180-180-5,0	204,9	155,2	211,1	158,4
60-60-3,0	347,5	264,5	363,1	272,3	180-180-6,3	163,4	124,2	169,8	127,4
60-60-4,0	264,6	202,5	280,7	210,5	180-180-8,0	129,9	99,0	136,4	102,3
60-60-5,0	216,4	167,6	237,6	178,2	180-180-10,0	104,8	80,3	111,5	83,6
70-70-2,5	411,9	312,2	424,9	318,7	200-200-5,0	204,3	154,7	210,0	157,5
70-70-3,0	345,3	262,3	358,5	268,9	200-200-6,3	163,1	123,7	168,8	126,6
70-70-4,0	261,0	199,1	274,5	205,9	200-200-8,0	129,3	98,5	135,1	101,4
70-70-5,0	213,7	164,7	231,4	173,6	200-200-10,0	104,3	79,7	110,2	82,6
					200-200-12,5	84,4	64,8	90,5	67,9
80-80-3,0	343,7	260,7	355,2	266,4					
80-80-4,0	259,5	197,6	271,2	203,4	250-250-6,3	162,2	122,7	166,7	125,0
80-80-5,0	211,7	162,6	227,0	170,2	250-250-8,0	128,4	97,5	133,0	99,7
80-80-6,3	170,3	131,7	186,0	139,5	250-250-10,0	103,4	78,7	108,0	81,0
					250-250-12,5	83,7	64,0	88,5	66,4
90-90-3,0	342,8	259,7	352,9	264,7					
90-90-4,0	258,4	196,4	268,7	201,5	300-300-8,0	127,8	96,8	131,6	98,7
90-90-5,0	210,3	161,0	223,6	167,7	300-300-10,0	102,4	77,7	106,2	79,6
90-90-6,3	169,0	130,2	182,7	137,1	300-300-12,5	83,1	63,3	87,0	65,2

d · t	F/V	d · t	F/V	d · t	F/V
(mm)·(mm)	F/A (1/m)	(mm)·(mm)	F/A (1/m)	(mm)·(mm)	F/A (1/m)
26,9 · 2,0	540,2	101,6 · 4,0	260,2	168,3 · 3,2	318,6
26,9 · 2,3	475,4	101,6 · 5,0	210,0	168,3 · 4,0	256,1
26,9 · 2,6	425,8			168,3 · 5,0	206,1
		108,0 · 3,2	322,0	168,3 · 6,3	164,9
33,7 · 2,3	466,6	108,0 · 4,0	259,6	168,3 · 8,0	131,2
33,7 · 2,6	416,8	108,0 · 5,0	209,7	168,3 · 10,0	106,3
33,7 · 3,2	345,3				
		114,3 · 3,2	321,5	219,1 · 4,0	254,6
42,4 · 2,6	409,7	114,3 · 3,6	286,8	219,1 · 4,5	226,9
42,4 · 3,2	338,0	114,3 · 4,0	259,1	219,1 · 5,0	204,7
42,4 · 4,0	276,0	114,3 · 5,0	209,1	219,1 · 6,3	163,4
		114,3 · 6,3	168,0	219,1 · 8,0	129,7
48,3 · 2,6	406,5	114,3 · 8,0	134,4	219,1 · 10,0	104,8
48,3 · 3,2	334,7			219,1 · 12,5	84,8
48,3 · 4,0	272,6	127,0 · 3,2	320,6		
		127,0 · 4,0	258,1	273,0 · 4,0	253,7
60,3 · 2,6	401,9	127,0 · 5,0	208,2	273,0 · 5,0	203,7
60,3 · 2,9	362,2			273,0 · 6,3	162,5
60,3 · 3,2	330,0	139,7 · 3,2	319,8	273,0 · 8,0	128,8
60,3 · 4,0	267,8	139,7 · 3,6	285,1	273,0 · 10,0	103,8
60,3 · 5,0	218,1	139,7 · 4,0	257,4	273,0 · 12,5	83,8
		139,7 · 5,0	207,4		
76,1 · 2,9	358,5	139,7 · 6,3	166,2	323,9 · 4,0	253,1
76,1 · 3,2	326,2	139,7 · 8,0	132,6	323,9 · 5,0	203,1
76,1 · 4,0	263,9			323,9 · 5,6	181,7
76,1 · 5,0	214,1	152,4 · 3,2	319,2	323,9 · 6,3	161,9
		152,4 · 4,0	256,7	323,9 · 8,0	128,2
88,9 · 3,2	324,2	152,4 · 5,0	206,8	323,9 · 10,0	103,2
88,9 · 4,0	261,8			323,9 · 12,5	83,2
88,9 · 5,0	211,9	159,0 · 3,2	318,9		
		159,0 · 4,0	256,5		
101,6 · 3,2	322,7	159,0 · 5,0	206,5		

Maalausnäytössä käytettävän Hempel Hempacore AQ 48860 tuotetiedot, ETA-todistuksen taulukko 520 °C ja palonsuojamaalausjärjestelmään hyväksytyt tuotteet



Tuotetiedot

HEMPACORE AQ 48860

Tuotekuvaus:	HEMPACORE AQ 48860 yksikomponenttinen, vesiohenteinen, kloorivapaa, fysikaalisesti kuivuva passiivinen palosuojamaali. Suojaa passiivisesti teräsrakenteita selluloosa paloilta. Ei sisällä haihtuvia orgaanisia liuotteita (VOC) ja voidaan maalata maalaamoissa sekä työmailla.
Suosittelava käyttö:	1. Palosuojamaalina teräsrakenteille sisätiloissa, joissa saattaa esiintyä kondensaatiota. Soveltuu I-palkeille, I-pylväille ja ontelomaisille profileille. 2. Korjaus- ja paikkamaalina vaurioituneille alueille, jotka ovat juuri maalattu HEMPACORE AQ tuotteella.
Sertifikaatit/Hyväksynät:	Testattu ja hyväksytty EN13381-8 mukaan 90 minuutin palosuojaukseen. Tuotteella CE merkintä: European Technical Assessment ETA 13/1051, ETAG018 Part 2 mukaan. Sisältyy Hempel-ryhmän vakiotuotevalikoimaan. Paikallinen saatavuus sopimuksen mukaan.
Saatavuus:	
TEKNISET TIEDOT:	
Sävynumero/Sävy:	10000 / Valkoinen.
Kiiltoaste:	Himmeä
Kuiva-aine pitoisuus, %:	67 ± 3
Teoreettinen riittoisuus:	1 m ² /l [40.1 sq.ft./US gallon]
Leimahduspiste:	100 °C [212 °F]
Ominaispaine:	1.4 kg/litra [11.9 lbs/US gallona]
Pölykuiva:	15 minuutti(a) , 20°C/68°F ja 750 mikronia/30 mils
Kosketuskuiva:	1 tuntia , 20°C/68°F ja 750 mikronia/30 mils
Käsittelykuiva:	8 tuntia , 20°C/68°F ja 750 mikronia/30 mils
VOC-pitoisuus:	0 g/l [0 lbs/US gallona]
Säilymisaika:	12 kuukautta , 5°C/41°F - 30°C/86°F Säilymisaika lyhenee säilytyslämpötiloissa yli: 30°C/86°F. <small>Ilmoitetut tekniset tiedot ovat nimellisarvoja täyttävän HEMPEL-ryhmän hyväksymät normit.</small>
KÄYTTÖOHJEET:	
Levitysmenetelmä:	Korkeapaineruisku / Sivellin
Ohenne (enintään, til.):	Ei suositella.
Suosittelu suutin:	0.017 - 0.023 "
Suutinpaine:	200 bar [2900 psi] (Katso erilliset MAALAUSSOHJEET)(Korkeapaineruiskuarvot ovat ohjeellisia ja riippuvat säädöistä)
Välineiden puhdistus:	Vesi
Kalvonpaksuus, kuiva:	Kuivakalvonpaksuus on riippuvainen vaaditusta palosuojauksesta sekä teräsrakenteen massiivisuudesta (Hp/A). Ota yhteyttä paikalliseen Hempel edustajaan lisätietoja varten.
Ylimaalausaika, vähintään:	Katso erilliset MAALAUSSOHJEET
Ylimaalausaika, enintään:	Katso erilliset MAALAUSSOHJEET
Turvallisuus:	Käsittele varoen. Tutustu kaikkiin varoitus- ja turvateksteihin sekä HEMPEL käyttöturvallisuustiedotteisiin ennen käyttöä sekä noudata paikallisia ja kansallisia säädöksiä käytön aikana.

**HEMPACORE AQ 48860****PINNAN ESIKÄSITTELY:**

Tuotetta saa ainostaan levittää teräkselle, joka on suihkupuhdistettu asteeseen Sa 2½ (ISO 8501-1) ja pohjamaalattu sopivalla pohjamaalilla. Poista öljy ja rasva huolellisesti sopivalla pesuaineella. Poista suolat ja muut epäpuhtaudet puhdistamalla korkeapaineisella makealla vedellä. Teräs pitää maalata Hempelin hyväksymällä pohjamaalilla. Varauksella ST3 esikäsitelty teräs voi olla hyväksyttävissä, konsultoi maalausohjeita vaatimuksista. Galvanoidut, lämpöruiskutetut alumiinipinnoitukset ja ruostumaton teräspinnat voivat vaatia erilaisen pinnan esikäsitteilyn, konsultoi maalausohjeita.

MAALAUSSOLOSUhteet:

Lämpötila-alue: 5°C/41°F - 40°C/105°F. Suhteellinen kosteus mieluummin alle: 85%. Suljetuissa tiloissa on huolehdittava riittävästä tuuletuksesta maalauksen ja kuivumisen aikana.

EDELTVÄ KERROS:

Maalauksittelyn mukaan ja ainoastaan Hempelin hyväksymä pohjamaali. Tarkista hyväksytyt pohjamaalit ottamalla yhteyttä Hempelin tekniseen edustajaan.

SEURAAVA MAALIKERROS:

Valikoima hyväksytyjä pintamaaleja saatavana. Ota yhteyttä Hempelin tekniseen edustajaan saadaksesi yksityiskohtainen työskentelyerittely.

Huomautuksia**Sävyt/Sävykestävyys:**

Tämä tuote on ainoastaan saatavana valkoisessa sävyssä, mutta voidaan ylimaalata hyväksytyillä pintamaalilla missä tahansa sävyssä.

Säöolosuhteet/käyttölämpötilat:

Tuote on tarkoitettu sisäkäyttöön.

Kalvonpaksuudet/ohennus:

Kuivakalvopaksuus on riippuvainen vaaditusta palosuojauksesta sekä teräsrakenteen massiivisuudesta (Hp/A). Ota yhteyttä paikalliseen Hempel edustajaan lisätietoja varten. Jotta saavutetaan eritelty palosuojauks on tärkeää, että saadaan vähintään vaadittu kuivakalvo jokaiselle maalatulle alueelle. Lisäksi eritelty kuivakalvopaksuutta ei tulisi ylittää huomattavasti. Tutustu Maalausohjeisiin tarkempia tietoja varten.

Varastointiolosuhteet:

Enimmäiskuivakalvopaksuus joka voidaan maalata per kerros on 750 mikronia [30 mil] (vastaa 1100 mikronin [43 mil] märkäkalvoa).

Huomioi ylimaalauksessa:

Varastointilämpötila: min 10°C/50°F ja maks. 40°C/105°F

Tuote voidaan ylimaalata itsellään kun vaaditaan kalvon lisäpaksuutta.

Riippuen maalausjärjestelmän loppukäytöstä, voi pintamaali olla tarpeen.

Huom:

Monikerrosmaalauksessa vähimmäisyylimaalauksa aika riippuu maalikalvon paksuudesta ja kerrosmäärästä. Katso kuivumisajat maalausohjeista. On tärkeää, että eritelty palosuojamaalipaksuus on saavutettu ennen mahdollisen pintamaalin levitystä. Tämä tuote voidaan ylimaalata edellyttäen, että alla oleva maalipinta on hyvässä kunnossa, puhdas ja kuiva.

JULKAISUJA:

HEMPACORE AQ 48860 on ainoastaan ammattikäyttöön.

HEMPEL A/S

4886010000

Tämä tuoteseloste korvaa aiemmin julkaistut.

Katso selitykset, määrittelyt ja soveltaminen kohdasta "Tuoteselostusten termien selitykset" (www.hempel.com).

Tässä tuoteselosteessa annettuihin tiedoihin, erittelyihin, ohjeisiin ja suositeluihin perustuvat testitulokset ja kokemukset, jotka on saatu valvotussa tai tarkkaan määritellyissä olosuhteissa. Ostajan tulee Käyttäjän on itse

responsible tietojen tarkkuudesta, täydellisyydestä ja sopivuudesta. Tuotteiden kulloinkin käyttöolosuhteissa.

Tuotteiden toimintakäyttöön ja kaikkiin teknisiin palveluihin sovelletaan HEMPELIN PALOSUOJAMAALIEN YLEISIÄ MYYNTI-, TOIMITUS- JA PALVELUEHTOJA, ellei toisin ole nimenomaisesti kirjallisesti sovittu.

Vainmistaja ja Myyjä eivät vastaa Tuotteiden yllä suositellusta tai muusta käytöstä aiheutuneista tuloksista, henkilövahingoista tai väkivallasta tai välillisistä menetyksistä tai vahingoista, ja Ostaja tulee Käyttäjän

lupauksista ja muista vaatimuksista, myös laiminlyöntitapauksissa mutta ei niihin rajoittuen, palti kuten ilmaista HEMPELIN PALOSUOJAMAALIEN YLEISIÄ MYYNTI-, TOIMITUS- JA

PALVELUEHTOISSA.

Teknisiä tietoja voidaan muuttaa ilman erillistä ilmoitusta ja ne mitätöidyt viiden vuoden kuluessa julkaisupäivästä.

Table A1.5: Beams, 3-sided H- or I- sections.

Section Factor m^{-1}	Design Temperature 520 °C						
	Thickness (mm) required for the RF period – only intumescent coating						
	15 min	30 min	45 min	60 min	90 min	120 min	180 min
60	0,208	0,208	0,208	0,300	0,530	-	-
70	0,208	0,208	0,211	0,328	0,579	-	-
80	0,208	0,208	0,225	0,357	0,629	-	-
90	0,208	0,208	0,239	0,385	0,679	-	-
100	0,208	0,208	0,253	0,414	0,728	-	-
110	0,208	0,208	0,266	0,442	0,788	-	-
120	0,208	0,208	0,280	0,469	0,895	-	-
130	0,208	0,208	0,294	0,495	1,003	-	-
140	0,208	0,208	0,308	0,520	-	-	-
150	0,208	0,208	0,322	0,546	-	-	-
160	0,208	0,208	0,336	0,571	-	-	-
170	0,208	0,208	0,350	0,596	-	-	-
180	0,208	0,208	0,363	0,622	-	-	-
190	0,208	0,208	0,377	0,647	-	-	-
200	0,208	0,208	0,391	0,673	-	-	-
210	0,208	0,219	0,405	0,698	-	-	-
220	0,208	0,230	0,419	0,724	-	-	-
230	0,208	0,241	0,433	0,749	-	-	-
240	0,208	0,251	0,446	0,779	-	-	-
250	0,208	0,262	0,465	0,840	-	-	-
260	0,208	0,273	0,506	0,900	-	-	-
270	0,208	0,283	0,547	0,960	-	-	-
280	0,208	0,294	0,588	1,021	-	-	-
290	0,208	0,305	0,629	-	-	-	-
300	0,208	0,316	0,670	-	-	-	-
310	0,208	0,326	0,711	-	-	-	-
320	0,208	0,337	0,752	-	-	-	-



PASSIVE FIRE PROTECTION



HEMPEL approved products March 2015 Edition

HEMPACORE AQ 48860

Compatibility of Hempel primers

The following primers are approved for use with HEMPACORE AQ 48860

Product	Type	Recommended DFT	Maximum DFT*
HEMPEL'S SHOPPRIMER E 15280	2K Epoxy	Acc. to PDS/Specification	60 µm
HEMPADUR 15300	2K Epoxy	Acc. to PDS/Specification	80 µm
HEMPADUR 15570	2K Epoxy	Acc. to PDS/Specification	200 µm
HEMPADUR 15553	2K Epoxy	Acc. to PDS/Specification	100 µm
HEMPADUR FAST DRY 17410	2K Epoxy	Acc. to PDS/Specification	200 µm
HEMPADUR ZINC 17340	Zinc Rich Epoxy	Acc. to PDS/Specification	100 µm
HEMPADUR MASTIC 45880/1	2K Epoxy	Acc. to PDS/Specification	200 µm
HEMPEL'S UNI-PRIMER 13140	Epoxy Ester	Acc. to PDS/Specification	100 µm
HEMPEL'S 17020	Acrylic	Acc. to PDS/Specification	80 µm
HEMUCRYL PRIMER 18100	WB Acrylic	Acc. to PDS/Specification	60 µm
HEMUCRYL PRIMER HI-BUILD 18032	WB Acrylic	Acc. to PDS/Specification	150 µm
HEMULIN PRIMER 18310	WB Alkyd	Acc. to PDS/Specification	160 µm
HEMUDUR 18500	WB Epoxy	Acc. to PDS/Specification	150 µm

*The Maximum DFT refers to the maximum allowed DFT that the primer can reach once it is applied. Application of Hempacore AQ is only acceptable if the primer is applied below the indicated DFT

For more information visit www.hempel.com



PASSIVE FIRE PROTECTION



HEMPACORE AQ 48860

Compatibility of topcoats

The following topcoats are approved for use with HEMPACORE AQ 48860

Products	Type
HEMPATEX ENAMEL 56360	Solvent-borne Acrylic
HEMPATEX 46410	Solvent-borne Acrylic
HEMPATHANE HS 55610	Polyurethane
HEMPATHANE TOPCOAT 55210	Polyurethane
HEMPATHANE FAST DRY 55750	Polyurethane
HEMPATHANE HS 55810	Polyurethane
HEMPATHANE DTM 55620	Polyurethane
HEMPEL'S POLYENAMEL 55102	Polyurethane
HEMPALIN ENAMEL 52140	Alkyd
HEMPAQUICK ENAMEL 53840	Alkyd
HEMPEL'S METALLIC PAINT 52410	Alkyd
HEMUCRYL ENAMEL 58100	Water-borne Acrylic

- The above products have been tested for compatibility with HEMPACORE AQ 48860 and are approved for use. Use of the above products should be done according to the guidelines given in the PDS and Application Instructions.
- Only the above approved primers and topcoats can be used with intumescent products. Any other products (included competitor primers) may be used provided written approval has been given by Hempel – Fire Protection Group R&D.
- Only the specific versions of the products meant in this document are approved. Variations of the products due to gloss level, drying time, etc are not included and test should be requested.
- This edition substitutes all previous one, only the primers and topcoats meant in the last edition can be used.
- Topcoat/primer availability: Local availability subject to confirmation

For more information visit www.hempel.com

HEMPEL APPROVED SYSTEM LIST March 2015 Edition

High performance intumescent solutions

HEMPEL

Teräsrakenneyhdistyksen tekemä vastaanotto- ja mittauspöytäkirjamalli manuaaliseen mittaukseen sekä esimerkkitulosten mittauksista.

Teräsrakenteiden palosuojamaalaus 2007
Liite 2 Vastaanottopöytäkirja

Vastaanottopöytäkirja:

TRY Palosuojamaalaus 2007

Rakennuskohde:

Ierastyö:

Tekijä/palkkia
Tarkastettu
Hyväksytty

Pinnan esikäsittely:

Tekijä/palkkia
Tarkastettu
Hyväksytty

Pohjamaalaus:

Tekijä/palkkia
Pohjamaali

Päivämäärä							
Erä							
Ilman lämpötila							
Pinnan lämpötila							
Ilman suhteellinen kosteus							
Kulvumisaika							

Mittauspöytäkirjat liitteinä

kyllä ☐ ei ☐

Tarkastettu/hyväksytty

___ / ___ 200__

Vastaanotettu palosuojamaalattavaksi

___ / ___ 200__

Palosuojamaalaus

Tekijä/palkkia
Palosuojamaali

Päivämäärä							
Erä							
Ilman lämpötila							
Pinnan lämpötila							
Ilman suhteellinen kosteus							
Kulvumisaika							

Tarkastusmittaukset

Työn aikainen seuranta
Menetelmä

Mittauspöytäkirjat liitteinä

kyllä ☐ ei ☐

Mittaja/valvoja

Hyväksytty

Huomautukset

Vastaanotettu pintaamaalattavaksi

___ / ___ 200__

Pintamaalaus

Tekijä/palkkia
Pintamaali/maalaukset

Päivämäärä							
Erä							
Ilman lämpötila							
Pinnan lämpötila							
Ilman suhteellinen kosteus							
Kulvumisaika							

Mittauspöytäkirjat liitteinä

kyllä ☐ ei ☐

Mittattu pintamaalauksen jälkeen

Mittaja/valvoja

Hyväksytty

Huomautukset

Liitteet

___ / ___ 200__

Palosuojamaalaus vastaanotettu

___ / ___ 200__

TRY

MITTAUSPÖYTÄKIRJA MANUAALISEEN MITTAUKSEEN

☐

PALOSUOJAMAALI

☐

POHJAMAALI

SIVU 1 (2)

NO.

Näkölehti		Päiväys																																																																																																																									
Näkölehtien numero		Käytetty käyttölehti nro.																																																																																																																									
Näkölehti		Mallityyppi																																																																																																																									
Näkölehti		Lisäet																																																																																																																									
Mittauslehti		KALIBROINTI																																																																																																																									
Tämä mittauspöytäkirja käytetään mitattaessa manuaalisesti palosuojamaalin kalvopaksuutta. Mittausalueita valitaan 5 kpl jokaista aluetta sekä neljän metriä kohden. Mittausalueen koko on 0,25 m ² . Tämä mittauspöytäkirja pitää sisällään viisi mittausaluetta ja kattaa 100 m ² :n suuruisen alueen.		Suoritetu <input type="checkbox"/> Kalibrointiluvun paksuus µm																																																																																																																									
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>MITTAUSALUE 1</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>µm</td></tr><tr><td>2</td><td>µm</td></tr><tr><td>3</td><td>µm</td></tr><tr><td>4</td><td>µm</td></tr><tr><td>5</td><td>µm</td></tr><tr><td>6</td><td>µm</td></tr><tr><td>7</td><td>µm</td></tr><tr><td>8</td><td>µm</td></tr><tr><td>9</td><td>µm</td></tr><tr><td>10</td><td>µm</td></tr><tr><td>11</td><td>µm</td></tr><tr><td>12</td><td>µm</td></tr><tr><td>13</td><td>µm</td></tr><tr><td>14</td><td>µm</td></tr><tr><td>15</td><td>µm</td></tr><tr><td>16</td><td>µm</td></tr><tr><td>17</td><td>µm</td></tr><tr><td>18</td><td>µm</td></tr><tr><td>19</td><td>µm</td></tr><tr><td>20</td><td>µm</td></tr><tr><td>21</td><td>µm</td></tr><tr><td>22</td><td>µm</td></tr><tr><td>23</td><td>µm</td></tr><tr><td>24</td><td>µm</td></tr><tr><td>25</td><td>µm</td></tr><tr><td>26</td><td>µm</td></tr><tr><td>27</td><td>µm</td></tr><tr><td>28</td><td>µm</td></tr><tr><td>29</td><td>µm</td></tr><tr><td>30</td><td>µm</td></tr> </table> </div> <div style="text-align: center;"> <p>MITTAUSALUE 2</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>µm</td></tr><tr><td>2</td><td>µm</td></tr><tr><td>3</td><td>µm</td></tr><tr><td>4</td><td>µm</td></tr><tr><td>5</td><td>µm</td></tr><tr><td>6</td><td>µm</td></tr><tr><td>7</td><td>µm</td></tr><tr><td>8</td><td>µm</td></tr><tr><td>9</td><td>µm</td></tr><tr><td>10</td><td>µm</td></tr><tr><td>11</td><td>µm</td></tr><tr><td>12</td><td>µm</td></tr><tr><td>13</td><td>µm</td></tr><tr><td>14</td><td>µm</td></tr><tr><td>15</td><td>µm</td></tr><tr><td>16</td><td>µm</td></tr><tr><td>17</td><td>µm</td></tr><tr><td>18</td><td>µm</td></tr><tr><td>19</td><td>µm</td></tr><tr><td>20</td><td>µm</td></tr><tr><td>21</td><td>µm</td></tr><tr><td>22</td><td>µm</td></tr><tr><td>23</td><td>µm</td></tr><tr><td>24</td><td>µm</td></tr><tr><td>25</td><td>µm</td></tr><tr><td>26</td><td>µm</td></tr><tr><td>27</td><td>µm</td></tr><tr><td>28</td><td>µm</td></tr><tr><td>29</td><td>µm</td></tr><tr><td>30</td><td>µm</td></tr> </table> </div> </div>				1	µm	2	µm	3	µm	4	µm	5	µm	6	µm	7	µm	8	µm	9	µm	10	µm	11	µm	12	µm	13	µm	14	µm	15	µm	16	µm	17	µm	18	µm	19	µm	20	µm	21	µm	22	µm	23	µm	24	µm	25	µm	26	µm	27	µm	28	µm	29	µm	30	µm	1	µm	2	µm	3	µm	4	µm	5	µm	6	µm	7	µm	8	µm	9	µm	10	µm	11	µm	12	µm	13	µm	14	µm	15	µm	16	µm	17	µm	18	µm	19	µm	20	µm	21	µm	22	µm	23	µm	24	µm	25	µm	26	µm	27	µm	28	µm	29	µm	30	µm
1	µm																																																																																																																										
2	µm																																																																																																																										
3	µm																																																																																																																										
4	µm																																																																																																																										
5	µm																																																																																																																										
6	µm																																																																																																																										
7	µm																																																																																																																										
8	µm																																																																																																																										
9	µm																																																																																																																										
10	µm																																																																																																																										
11	µm																																																																																																																										
12	µm																																																																																																																										
13	µm																																																																																																																										
14	µm																																																																																																																										
15	µm																																																																																																																										
16	µm																																																																																																																										
17	µm																																																																																																																										
18	µm																																																																																																																										
19	µm																																																																																																																										
20	µm																																																																																																																										
21	µm																																																																																																																										
22	µm																																																																																																																										
23	µm																																																																																																																										
24	µm																																																																																																																										
25	µm																																																																																																																										
26	µm																																																																																																																										
27	µm																																																																																																																										
28	µm																																																																																																																										
29	µm																																																																																																																										
30	µm																																																																																																																										
1	µm																																																																																																																										
2	µm																																																																																																																										
3	µm																																																																																																																										
4	µm																																																																																																																										
5	µm																																																																																																																										
6	µm																																																																																																																										
7	µm																																																																																																																										
8	µm																																																																																																																										
9	µm																																																																																																																										
10	µm																																																																																																																										
11	µm																																																																																																																										
12	µm																																																																																																																										
13	µm																																																																																																																										
14	µm																																																																																																																										
15	µm																																																																																																																										
16	µm																																																																																																																										
17	µm																																																																																																																										
18	µm																																																																																																																										
19	µm																																																																																																																										
20	µm																																																																																																																										
21	µm																																																																																																																										
22	µm																																																																																																																										
23	µm																																																																																																																										
24	µm																																																																																																																										
25	µm																																																																																																																										
26	µm																																																																																																																										
27	µm																																																																																																																										
28	µm																																																																																																																										
29	µm																																																																																																																										
30	µm																																																																																																																										
Mittauspöytäkirjan keskiarvo	µm		µm																																																																																																																								
Pohjamaalin osuus	µm		µm																																																																																																																								
Mittausulos	µm		µm																																																																																																																								
Vaadittu laatu	µm		µm																																																																																																																								
Täyttyy																																																																																																																											
Ei täyty																																																																																																																											
Pöytäkirjan vahvuus: Mittaus: _____ Vahvo: _____																																																																																																																											

TRY

MITTAUSPÖYTÄKIRJA MANUAALISEEN MITTAUKSEEN

SMU 2 (2)

☐ PALDISUOLIAI

☐ POHJAINNALI

NO.

Hittauskohdat, pinnustusten numerot, alue, ym.

MITTAUSALUE 3

MITTAUSALUE 4

MITTAUSALUE 5

1		am
2		am
3		am
4		am
5		am
6		am
7		am
8		am
9		am
10		am
11		am
12		am
13		am
14		am
15		am
16		am
17		am
18		am
19		am
20		am
21		am
22		am
23		am
24		am
25		am
26		am
27		am
28		am
29		am
30		am

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

1	RTT
2	RTT
3	RTT
4	RTT
5	RTT
6	RTT
7	RTT
8	RTT
9	RTT
10	RTT
11	RTT
12	RTT
13	RTT
14	RTT
15	RTT
16	RTT
17	RTT
18	RTT
19	RTT
20	RTT
21	RTT
22	RTT
23	RTT
24	RTT
25	RTT
26	RTT
27	RTT
28	RTT
29	RTT
30	RTT

Mittauspisteiden keskiarvo

Polymers and composites

Hittausstulps

Vaadittu kahjo

Täglich

El tany

Elcometer Instruments Limited Batch Report					
Database: E-Tap palykekus Batch Name: 1					
Substrate:	Ferrous	Date:	10.9.2003	Time:	10:33:00
		Units:	microns (um)		
Mean:	768,27	Max:	980,00	Number of Readings:	30
Standard Deviation:	114,27	Min:	392,00		
Coef. of Variation:	14,87	High Limit:	5347,50	Readings above 5347,50	0
		Low Limit:	0,00	Readings below 0,00	0
Batch Notes					
Number	Reading	Number	Reading	Number	Reading
1	980,00				
2	800,00				
3	607,00				
4	625,00				
5	798,00				
6	878,00				
7	933,00				
8	753,00				
9	784,00				
10	771,00				
11	826,00				
12	830,00				
13	848,00				
14	845,00				
15	675,00				
16	843,00				
17	392,00				
18	905,00				
19	779,00				
20	827,00				
21	771,00				
22	838,00				
23	793,00				
24	727,00				
25	762,00				
26	758,00				
27	734,00				
28	624,00				
29	667,00				
30	675,00				

**Esimerkki koulutusmateriaalista, joka on laadittu insinöörityön pohjalta.
Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus.**

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

- Tulipalo
 - Teräsrakenne tulipalossa
 - Rakenteiden palomitoitus
 - Teräsoosan poikkileikkaustekijä
 - Palonsuojamaalaus
- Palonsuojamaalien toimintamekanismit
- Muut palonsuojausmenetelmät

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Tulipalo

- Rakennusten paloturvallisuus on yksi EU:n rakennustuoteasetuksen (CPR) keskeisiä vaatimuksia.
- Paloturvallisuuden päätavoitteet ovat henkilövahinkojen välttäminen ja omaisuuden suojaaminen.
- Vakavimmat vaikutukset ihmisiin ovat savulla ja myrkyllisillä kaasuilla.

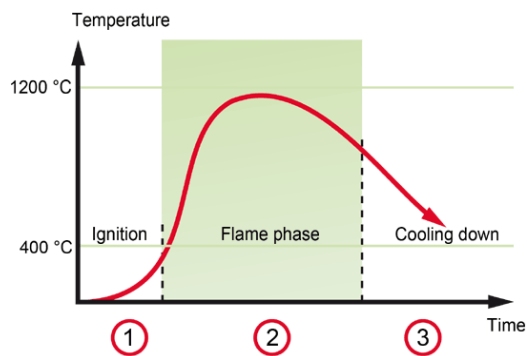
Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Tulipalo

- Tulipaloon tarvitaan kolmea asiaa, palavaa materiaalia, happea ja korkea lämpötila.
- Materiaalin syttymiseen tarvitaan esimerkiksi kipinä tai jokin muu korkea lämmönlähde.
- Materiaalit voivat osallistua paloon tai ne voivat olla täysin palamattomia.
- Materiaalien savunmuodostuksessa on myös eroja sekä ne voivat hajota palaviksi pisaroiksi tai osiksi.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Tulipalo



Kuva 1.

- Palo koostuu kolmesta eri osiosta:
kasvuvaihe
täysin kehittynyt palo
sammumisvaihe.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Tulipalo

- Lujuusominaisuuksiltaan erilaisilla materiaaleilla on eroja tulipalotilanteessa.
- Teräket ovat täysin palamattomia mutta ne menettävät lujuutensa jo suhteellisen alhaisessa lämpötilassa.
 - Tämän takia teräket on suojattava.
- Puu puolestaan osallittuu paloon, mutta pinnan hiilttyessä se toimii eristeenä ja näin suojaa puuta.
 - Toisaalta puu ei menetä kantavuuttaan liian nopeasti tulipalotilanteessa.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Tulipalo

- Palokuorma määritellään palo-osaston käyttötavan perusteella.
 - Määritysten lähtökohtana on tilojen pääkäyttötapa.
- Yli 1200 MJ/ m² tuotanto- ja varastotilat.
- 600 – 1200 MJ/ m² kokoontumis- ja liiketilat, myymälät, moottoriajoneuvojen korjaus- ja huoltotilat.
- Alle 600 MJ/ m² asunnot, osa liiketiloista kuten ravintolat, toimistot, koulut jne.
 - Mikäli kahteen ylimpään palokuormatilaan on asennettu automaattinen sammutusjärjestelmä, katsotaan tila kuuluvaksi tähän alimpaan ryhmään.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Tulipalo

- Kantavat ja osastoitavat rakennusosat jaetaan luokkiin sen mukaan miten hyvin ne kestävät palorasitusta.
 - **R** kantavuus
 - **E** tiiveys
 - **I** eristävyys
 - **M** iskunkestävyys
- Merkintöjen jälkeen ilmoitetaan palonkesto aika minuutteina esimerkiksi R90, eli rakenteen kantavuus kestää 90 min tulipalorasitusta.

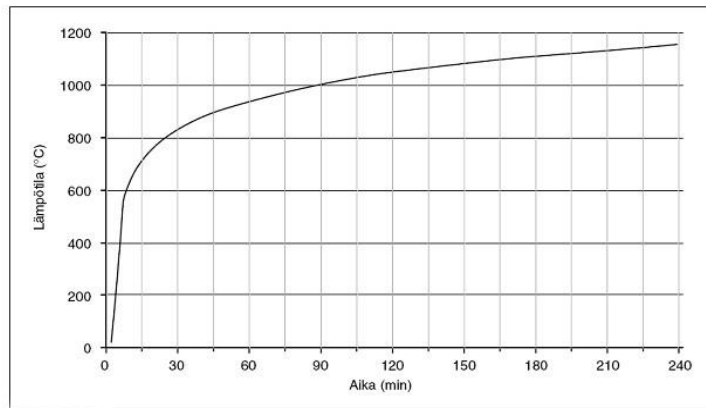
Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Teräsrakenne tulipalossa

- Lämpö siirtyy teräsrakenteeseen
 - johtumalla
 - säteilemällä
 - kulkeutumalla aineen mukana.
- Altistuttuaan palolle 15 min tai enemmän yli 600 °C:seen, teräs kokee muodonmuutoksia.
 - Se alkaa taipua tai vääntyä, sen metallurginen rakenne muuttuu ja viruma alkaa vaikuttaa 450 °C:een jälkeen.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Teräsrakenne tulipalossa



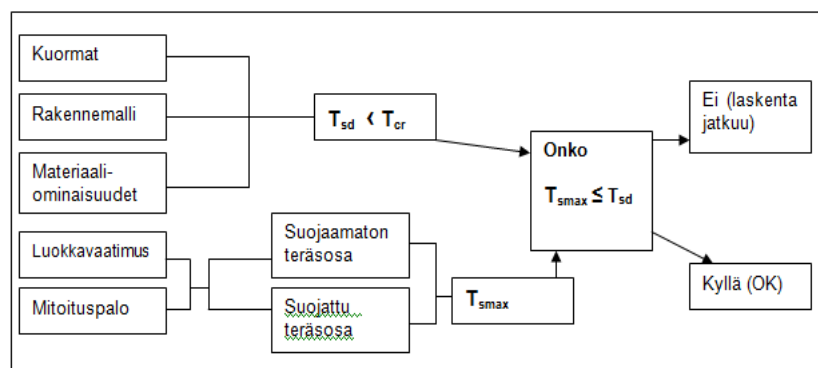
ISO-834 -standardin mukainen lämpötila-aikakäyrä

Kuva 2.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Rakenteiden palomitoitus

- Rakenteet palo mitoitetaan laskemalla tai taulukkomitoituksella



Kuva 3.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

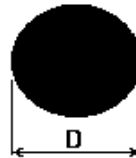
Teräsosan poikkileikkaustekijä

- Teräsosan lämpötilan nousuun vaikuttaa palotilanteessa sen poikkileikkaustekijä $F/V = \text{piiri} / \text{pinta-alalla}$. (A/V eurokoodeissa)
- Paksuseinämäisessä rakenteessa lämpötilannousu on hitaampaa kuin ohutseinämäisessä.
- Teräsrakenteiden ainevahvuus täytyy olla putkiprofiileilla 3,6 mm ja avoprofiileilla 5–8 mm.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Teräsosan poikkileikkaustekijä

$D=20 \text{ mm}$

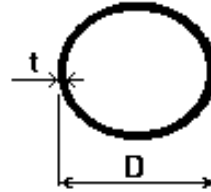


- Laskuesimerkki:
 - $F/V = \text{piiri} / \text{pinta-alalla}$
 - $\text{Piiri} = 2 \times \pi \times r = 2 \times \pi \times 10 \text{ mm} = 62,83 \text{ mm} = 0,0628 \text{ m}$
 - $\text{Pinta-ala} = \pi \times r^2 = \pi \times (10 \text{ mm})^2 = 314,16 \text{ mm}^2 = 0,000314 \text{ m}^2$
 - $F/V = 0,0628 \text{ m} / 0,000314 \text{ m}^2 = \mathbf{200 \text{ 1/m}}$

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Teräsosan poikkileikkaustekijä

$$D=20 \text{ mm}$$
$$t=5 \text{ mm}$$

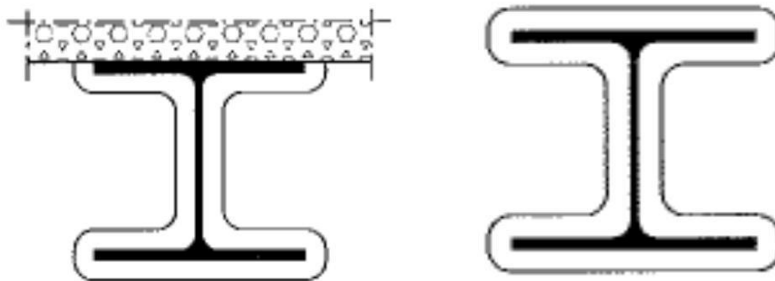


- Laskuesimerkki:

- $F/V = \text{piiri} / \text{pinta-alalla}$
- $\text{Piiri} = 2 \times \pi \times r = 2 \times \pi \times 10 \text{ mm} = 62,83 \text{ mm} = 0,0628 \text{ m}$
- $\text{Pinta-ala} = \pi \times r^2 - [\pi \times (r - 5 \text{ mm})^2] = \pi \times (10 \text{ mm})^2 - \pi \times (5 \text{ mm})^2 = 235,619 \text{ mm}^2 = 0,000236 \text{ m}^2$
- $F/V = 0,0628 \text{ m} / 0,000236 \text{ m}^2 = \mathbf{266,53 \text{ 1/m}}$

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Teräsosan poikkileikkaustekijä



Kuva 4.

- Teräsosan ollessa kosketuksissa toiseen materiaaliin otetaan laskennassa huomioon vain suoraan palolle alttiit pinnat.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Palonsuojamaalaus

- Palonsuojamaalausjärjestelmään kuuluu pohjamaali, palonsuojamaali ja pintamaali.
- Esikäsitellyssä pinnalta poistetaan liat, rasvat, ruosteet ja muut pohjamaalin tartuntaa heikentävät tekijät.
- Pohjamaali tasoittaa alustan epätasaisuutta ja antaa rakenteelle riittävän korroosionkeston.

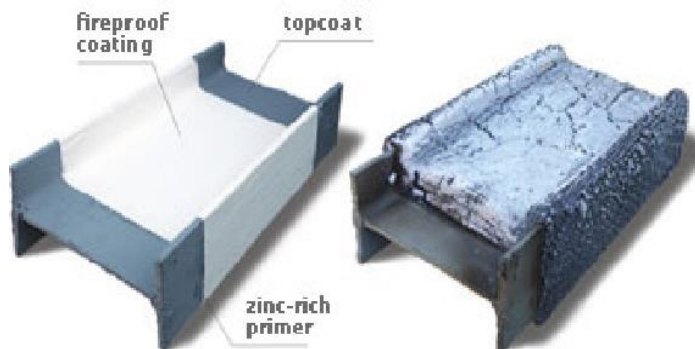
Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Palonsuojamaalaus

- Palonsuojamaalauksen etuja
 - Pieni suojapaksuus jolloin rakenteen muodot jäävät paremmin esiin.
 - Laaja värisävyvalikoima.
- Palonsuojamaalauksen haittoja
 - Lyhyehkö palonkesto aika.
 - Vesiohenteisten tuotteiden huono kosteuden kesto.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Palonsuojamaalaus



Kuva 5.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Palonsuojamaalaus

- Palonsuojamaalien kuivakalvonpaksuudet ovat välillä 200 μm –3000 μm . (kertamaalauksella ~ 1000 μm märkäkalvo)
- Maaleja levitetään korkeapaineruiskulla, telalla tai siveltimellä.
- Kuljetuksesta tai muusta syystä syntyneet pintavirheet täytyy korjata.
 - Alle 5 cm^2 voidaan korjata pintamaalilla.
 - Suuremmat virheet vaativat kaavinnan, harjauksen ja maalauksen maalausjärjestelmän mukaan.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Palonsuojamaalien toimintamekanismit

- Palonsuojamaalit reagoivat kemiallisesti lämpöön ja paisuvat endotermisesti eli sitovat lämpöä.
- Rakenteen pinnalle muodostuva eristekerros voi olla useita senttimetrejä paksu.
- Kolme tekijää yksin tai yhdessä toimivat maalien toimintamekanismeina.
 - Maali muodostaa palavia kaasuja laimentavia yhdisteitä.
 - Maali muodostaa lasimaisen sulan.
 - Maali muodostaa eristävän vaahdon kappaleen ympärille.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Palonsuojamaalien toimintamekanismit

- Laimentavat yhdisteet
 - Maalin sideaine kaasuuntuu korotetussa lämpötilassa ja laimentaa materiaaleista muodostuneita kaasuja, jolloin kaasuseoksen leimahduspiste nousee.
 - Tällaisia kaasuja ovat suolahappo, ammoniakki, bromihappo, hiilidioksidi ja vesihöyry.
- Lasimainen sula
 - Maalissa täytyy olla fosfaatteja, boraatteja tai silikaatteja. Sulan muodostuminen on endoterminen reaktio ja se alentaa lämpötilaa estokerroksen ja alustan välillä.
- Eristävä kerros
 - Maalit muodostavat sienimäisen hauraan kerroksen. Kuumuuden vaikutuksesta eristävän kerroksen paksuus voi kasvaa 50–100-kertaiseksi ja sen tilavuuden muutos voi olla 15–30-kertainen verrattuna alkuperäiseen maalikalvoon.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Palonsuojamaalien toimintamekanismit



Kuva 6.

- Kattorakenteen ulkonäkö palotilanteen jälkeen.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Muut palonsuojausmenetelmät

- Kuivia tuotteita ovat:
 - Mineraalilevyt, vermikuliittilevyt, kalsiumsilikaattilevyt, kipsilevyt, sementti- ja selluloosalevyt, tiili jne.
- Märkiä tuotteita ovat:
 - Mineraaliruiskutus, vermikuliittiruiskutus, palonsuojamaali, rappaus, betoni jne.

Teräsrakenteiden palonsuojamaalaus

Lähteet ja lisälukemisto:

- Pertti Iso-Mustajärvi, Timo Inha 1999. Kantavien teräsrakenteiden palonsuojaus. Tekijät Teräsrakenneyhdistys r.y., Rakennustieto Oy, 1999. Tammer-paino Oy.
- Raimo Soininen. Rakenteiden palonsuojaus. Materiaali- ja pintakäsittelytekniikan julkaisu No7. 2006 EVTEK.

Kuva 1: http://www.paroc.fi/knowhow/palo/yleista-tietoa-paloista-?sc_lang=fi-FI>. 2016

Kuva 2: <http://www.gyproc.fi/suunnittelu/palosivusto/tulipalot/standardipalo>

Kuva 3: Pertti Iso-Mustajärvi, Timo Inha. 1999. Kantavien teräsrakenteiden palonsuojaus. Teräsrakenneyhdistys R.Y. Tampere. Rakennustieto Oy s. 36

Kuva 4: Arto Yli-Pentti. 2015. Rakenteiden palonsuojaus osa 2. Luentomoniste. Metropolia ammattikorkeakoulu. S. 21-22

Kuva 5: <http://vmp-holding.com/proplamkor/>

Kuva 6: <http://liningandcoatingservice.com/images/fire-proof-coating.png>